

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

BIOMETRICKÁ IDENTIFIKACE UŽIVATELE PRO STŘELNÉ ZBRANĚ

Biometric User Identification for Firearms

2015

Matýsek Jakub

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Matýsek**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik
Téma: **Biometrická identifikace uživatele pro střelné zbraně**
Biometric User Identification for Firearms

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s problematikou biometrické identifikace osob.
2. Seznámení se s problematikou bezpečnosti střelných zbraní a souvisejícími předpisy.
3. Návrh řešení biometrické identifikace uživatele.
4. Realizace funkčního modelu zařízení pro biometrickou identifikaci uživatele.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] GREGORY, Peter H. and Michael A. SIMON. *Biometrics for dummies*. xvi, 292 pages. ISBN 0-470-29288-1.
[2] JAIN, Anil K. *Introduction to biometrics*. New York: Springer, c2011, xvi, 311 s. ISBN 978-0-387-77325-4.
[3] MODI, Shimon K. *Biometrics in identity management: concepts to applications*. Boston: Artech House, c2011, xiv, 263 p. Artech House information security and privacy series. ISBN 16-080-7017-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lucie Švecová**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2015

doc. Ing. Jiří Kozírek, Ph.D.
vedoucí katedry



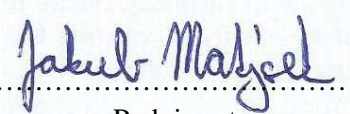
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Biometrická identifikace uživatele pro střelné zbraně, jsem vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Datum odevzdání bakalářské práce 07. 05. 2015

V Ostravě dne 05. 05. 2015



.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce paní Ing. Lucii Švecové, za odborné vedení, cenné rady a za velkou vstřícnost, které mi věnovala během zpracování mé bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Davidu Válovy za pomoc při konzultacích a rady k mé bakalářské práci. V poslední řadě, bych chtěl poděkovat své přítelkyni a rodině, kteří mi pomáhali s testováním a taky za jejich velkou podporu.

Abstrakt

V této bakalářské práci se zaměříme na biometrickou identifikaci pomocí oční duhovky, která je unikátní na každém člověku. Tuto metodu je těžké ovlivnit a proniknou neoprávněně do systému. Na začátku této práce se zaměříme na řešení stávajících metod. Pokračovat budou teoretické informace biometrických metod. Dále se zaměříme na načtení snímku nebo pořízení snímku oka kamerou. Následovalo by vyhledání vnitřní hranice duhovky, převedení na polární souřadnice a výsledný vzorek duhovky bude ve tvaru obdélníků. Tento tvar se dále převádí do 3D vektoru, který se následovně srovná s databází. Databáze, je námi vytvořená a můžou se do ní přidávat nové vzorky. Výsledkem je tedy systém, který dokáže rozpoznat duhovky, které srovná s databází a vyhodnotí. Celý funkční model bude umístěn na sportovní zbraň a otestován. Výsledky budou srovnány a vyhodnoceny.

Klíčová slova

Biometrie, identifikace, Matlab, rozpoznání duhovky, databáze.

Abstrakt

In this bachelor thesis we will focus on biometric identification by iris of the eye, which is unique for every person. This method is hard to affect and break unlawfully into the system. At the beginning we will focus on a research of current methods. The following will be theoretical information about biometric methods. Further we will aim on screening of the picture or taking of the eye picture by camera. Next would be searching of the inner boarder of iris, conversion on polar coordinates and the final sample of iris will be in the shape of a rectangle. This shape is then conversed into 3D vector which is followingly compared with database. Database is created by us and samples can be added into it. As a result, there is a system which can recognize irises of the eyes, which it compares with the database and evaluates. The whole functional model will be placed on a sports gun and tested. The results will be compared and evaluated.

Key words

Biometrics, identification, Matlab, iris recognition, database.

Obsah

Seznam obrázků	1
Úvod.....	2
1 Biometrie.....	3
1.1 Historie.....	3
1.2 Základní pojmy	3
1.3 Rozdíl mezi identitou a identifikací	4
1.4 Základní pojmy biometrického zpracování.....	6
2 Základní rozdělení identifikace osob	8
2.1 Biometrické metody behaviorální	8
2.1.1 Identifikace podle charakteristiky hlasu.....	8
2.1.2 Identifikace pomocí stisku kláves na klávesnici	9
2.1.3 Identifikace podle dynamiky podpisu	9
2.2 Biometrické metody anatomicko fyziologické.....	9
2.2.1 Biometrie prstu – identifikace pomocí otisku prstu - daktyloskopie.....	10
2.2.2 Geometrie ruky.....	12
2.2.3 Geometrie obličeje	12
2.2.4 Pachy	13
2.2.5 DNA	14
2.2.6 Identifikace pomocí snímání oční sítnice.....	14
3 Biometrická identifikace pomocí oční duhovky	16
3.1 Anatomie oka	16
3.2 Duhovka	17
4 Realizace funkčního kódu v programu Matlab	19
4.1 CCD kamera – snímání	20
4.2 Snímek.....	21
4.3 Detekce duhovky.....	22
4.3.1 Daugmanův algoritmus	22
4.3.2 Houghova transformace	23
4.3.3 Rychlá transformace radiální symetrie.....	25

4.4	Normalizace obrazu.....	26
4.5	Extrakce příznaku duhovky.....	29
4.6	Vyhodnocení získané duhovky s databází.....	32
4.6.1	Hammingova vzdálenost	32
4.6.2	Metoda kosinového kritéria podobnosti.....	32
4.6.3	Metoda srovnání dvou obrazů	33
5	Průběh a vyhodnocení systému	34
5.1	Vyhodnocení	36
5.1.1	Výhody algoritmu	37
5.1.2	Nevýhody algoritmu.....	37
6	Závěr	38
7	Použitá literatura	39
8	Seznam příloh.....	41

Seznam obrázků

<i>Obr. 1-1: Biometrická identifikace - rozdělení[1]</i>	5
<i>Obr. 2-1: Biometrický vzorek pomocí hlasu[1]</i>	8
<i>Obr. 2-2: Základní rozdělení tvaru otisku prstů[1]</i>	10
<i>Obr. 2-3: Senzor na otisk prstu pomocí šablonování[1]</i>	11
<i>Obr. 2-4: Přesné umístění ruky při identifikaci pomocí geometrie ruky[1]</i>	12
<i>Obr. 2-6: Snímač sítnice oka[7]</i>	15
<i>Obr. 2-5: Vzorek sítnice oka[8]</i>	15
<i>Obr. 3-1: Detail oka[6]</i>	16
<i>Obr. 3-2: Detail duhovky[3]</i>	17
<i>Obr. 4-1: Oční duhovka pořízena programem</i>	19
<i>Obr. 4-2: Schéma průběhu metody</i>	20
<i>Obr. 4-3: Nasnímaný snímek RGB</i>	22
<i>Obr. 4-4: Upravený snímek – odstíny šedi</i>	22
<i>Obr. 4-6: Hraniční body akumulátoru</i>	23
<i>Obr. 4-5: Popis kružnice a jejích bodů</i>	23
<i>Obr. 4-7: Převedení na Houghův prostor</i>	24
<i>Obr. 4-8: Prahový snímek</i>	24
<i>Obr. 4-9: Histogram výřezu snímku</i>	24
<i>Obr. 4-10: Výsledná detekce duhovky a její vyznačení</i>	24
<i>Obr. 4-11: Blokové schéma metody</i>	25
<i>Obr. 4-12: Rozmístění pixelů</i>	25
<i>Obr. 4-13: Zvolená šířka duhovky</i>	27
<i>Obr. 4-14: Vyjmuta duhovka v programu</i>	27
<i>Obr. 4-15: Normalizovaný vzorek duhovky</i>	28
<i>Obr. 4-16: Normalizovaný snímek se zvýšeným kontrastem</i>	29
<i>Obr. 4-17: Normalizovaný snímek s vyznačenými ID signály</i>	30
<i>Obr. 5-1: Kamera připevněná na zbrani</i>	34
<i>Obr. 5-2: Správný snímek</i>	35
<i>Obr. 5-3: Chybný snímek</i>	35
<i>Obr. 5-4: Funkční model zařízení pro biometrickou identifikaci</i>	37

Úvod

Dnešní doba je plná násilí a zbraní. Proto je nutné zvyšovat bezpečnostní prvky. U zbraní v dnešní době, je pouze pojistka chránící před nechtěným výstřelem, ale není zabezpečeno, aby se zbraň dostala do nepovolených rukou, kde by byla smrtícím nástrojem.

Je proto nejvyšší čas začít aplikovat do zbraní pojistky pro nedovolené použití. Proč by to nemohly být, právě biometrické snímače jako pojistky? Ukládáním základních parametrů, jako např. kdo, kdy nebo taky kde vystřelil, by mohlo omezit nepovoleným používat zbraň.

Cílem této bakalářské práce je nalezení vhodného modelu biometrické identifikace pro střelné zbraně. Tato identifikace má za úkol jednoznačně rozeznat uživatele, který by chtěl nebo používá danou zbraň. Pokud se uživatel nenachází v předem dané databázi, nebyl by verifikován a byl by mu zamítnut přístup zablokováním kohoutku.

V počátku práce se zaměřím na řešení některých současných metod biometrické identifikace. Následně vyhodnotím jejich použitelnost, zpracování a vyberu jednu, která bude funkční a připravena pro implementaci na dlouhé střelné zbraně.

Dalším krokem bude návrh systému v prostředí Matlab, kde vytvoříme program, který vyhledá duhovku v obraze a následně ji srovná s databází. Vytvoření databáze pro program je vytvářen s vlastních zdrojů, posléze jsou tyto vzorky pouze pro testování. Program poběží s pomocí externí kamery. Po pořízení snímku bude následovat Houghova transformace, která nalezne přechod duhovky a zornice. Od této hranice se vyřízne duhovka o šířce 40 pixelů. Tím získáme vzorek, který se převede do polárních souřadnic. Tyto souřadnice se převedou do matice $12 \times 721 \times 4$. Toto je námi získaný vzor pro srovnání s naší databází. Ta probíhá na základě odečtení dvou obrazů. Čím nižší číslo nám vyjde, tím vyšší je shoda porovnání.

Posledním krokem této práce je identifikování snímané osoby v reálném čase. Program bude testován a vyhodnocen. Program je tvořen v programu Matlab R2013a verze 8.1.0. 604.

1 Biometrie

Metoda automatické autentizace založená na rozpoznání biologických vlastností jedince. Je založena na jedinečnosti a nezaměnitelnosti anatomických vlastností. V této kapitole se seznámíme s historií, dále pak se základními pojmy a budeme pokračovat s teoretickou částí.

1.1 Historie

Metoda na rozpoznání biometrických vlastností člověka je ve světě již několik tisíc let. Jedny z nejstarších dochovaných záznamů byli právě otisky prstů v jeskyních, které v tehdejší době měli nejspíše podpisový účel. Tyto otisky byli vědci vyhodnoceni jako minimálně 30 000 let staré. Další pozůstatky se našli u Egyptanů, Syřanů a Řeků kde na malbách, keramice nebo stavbách objevili otisky prstů, které sloužili jako identifikační znak nebo podpis majitele.

V 19. století začala francouzská policie identifikovat zločince pomocí anatomických znaků např.: velikost lebky, délka prstů atd. Tím se zamezilo toho, aby si zločinci mohli změnit identitu např.: nové falešné jméno, nová vizáž nebo změna tělesné hmotnosti. Avšak po určitém čase se zjistilo, že tyto parametry muže mít více osob stejné – proto se od této metody upustilo stejně rychle, jak se začalo.

Dalším pokusem byla daktyloskopie od anglického přírodovědce Francise Galtona roku 1892. Jeho zájem o zkoumání otisky prstů ho dovedla až k matematickému popsání (vypočítání) kombinací a uspořádání papilárních linií. Dostal se k číslu 64 miliard kombinací otisku prstu a díky tomu je skoro nemožné aby měli 2 osoby stejný otisk.

Poté se touto metodou zabývalo ještě mnoho vědců a později se otisk prstu dostal na první příčku nejpoužívanějších metod biometrické identifikaci. Koncem 60. let se začalo používat automatického systému na rozpoznání biometrických vlastností.

[1], [2]

1.2 Základní pojmy

Biometrie: pochází z řeckých slov “Bio” (život) a “Metrom” (měření). Biometrie zahrnuje měření, zkoumání a rozpoznávání biometrických vlastností. Základním prvkem této metody je souhrn jedinečných a nenahraditelných vlastností každého subjektu.

Biometrika: je obor který využívá metody matematických statistik při studiu proměnlivosti živých organismů. Hlavně metod, sloužících k rozpoznání člověka podle jeho biometrických vlastností.

Jedinečnost: je základem všech biologických systému. Jedná se tedy o unikátnost a originalitu každého jedince, bez možnosti záměny.

Neměnnost: je velmi důležitá při měření biometrických údajů. Jedná se totiž o to, aby se měřené části neměnily v čase (např. stárnutí). Tím by se změnily identifikační znaky a měření by neproběhlo úspěšně.

Přijatelnost: znamená, že celý proces snímání, zpracování a vyhodnocení výsledku musí být pro uživatele přijatelným, neomezujícím a pohodlným. Nemělo by docházet k diskriminaci určitých skupin lidí např. při skenování oční duhovky musí uživatel s kontaktními čočkami, čočky vyndat, nebo při hlasové autorizaci by měl být uživatel v soukromí. Také by měl být proces jednoduchý, snadný na obsluhu a bezpečný.

Verifikace: uživatel prvně zadá do systému svou elektronickou identitu a systém poté prověří danou biometrickou identitu sejmutím biometrických dat a srovnáním s danou databází. Dá se to přirovnat k metodě 1:1. Srovnání jednoho uživatele s načtenými daty v databázi.

Autentizace: ověření uživatele podle databáze a následné vyhodnocení, které vyhodnotí buď kladně – povolen přístup, nebo zamítnutím – nepovolen přístup.

Markanty: charakteristické znaky, zvláštnosti.

[1], [2]

1.3 Rozdíl mezi identitou a identifikací

Identita: z latinského “Idem” (stejný) používá se při porovnávání pojmů, objektů nebo osob. A to při srovnávání něčeho s něčím nebo samo se sebou (např.: řekneme, že trojúhelník rovnostranný je to samé jako trojúhelník rovnoúhlý). Absolutní totožnost je stav, kdy se pojmy, objekty nebo osoby shodují ve všech parametrech. Jde to taky zapsat jako $A=A$.

Identita osob: je definována podmínkou být sám sebou a nikým jiným. Identita každého jedince je kombinací:

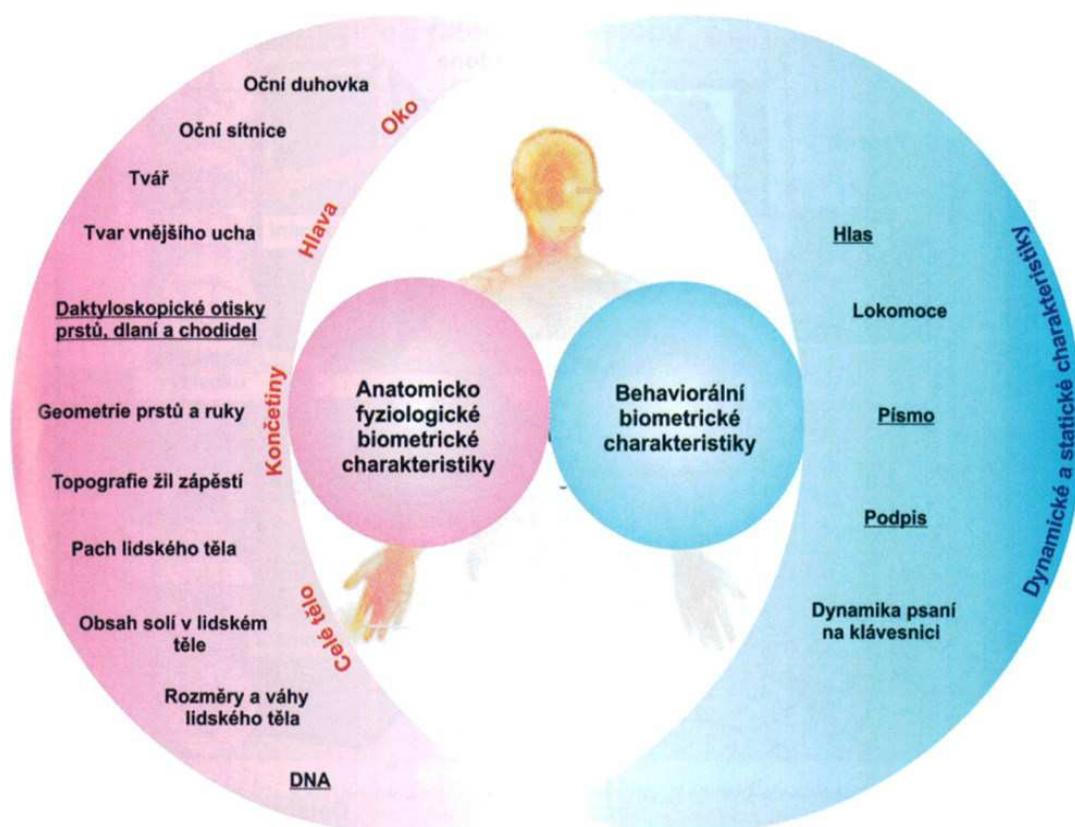
- 1) biologických vlastností
- 2) psychologických vlastností
- 3) vrozených vlastností
- 4) získaných vlastností

Díky těmto tvrzením se dá vyhodnotit, že každý je identický pouze sám se sebou a nikým jiným.

Identifikace: proces, při kterém systém odebere data od neznámého uživatele, které zpracuje a porovná s celou databází. Z těchto dat poté vyhodnotí identitu. K určení se používají anatomicko – fyziologické nebo behaviorální charakteristiky.

Anatomicko-fyziologické charakteristiky jsou geneticky dány u každého jedince. Jsou nejčastěji používány a řadí se mezi ně např.: otisk prstu, snímání duhovky oka a atd.

Behaviorální charakteristiky jsou specifické lidské vlastnosti a chování. Tato metoda je méně používána a do této skupiny řadíme např.: písmo, hlas a atd.



Obr. 1-1: Biometrická identifikace - rozdělení[1]

Identifikace je podobný model jako 1:N – „One to Many Matching”. V překladu je to metoda „Jedna z mnoha“.

Identifikace osob může být rozlišována do 3 metod:

1. Přidělení charakteristických věcí dané osobě: karta, klíče, čip.
2. Znalostmi dané osoby: pin, rodné číslo, heslo.
3. Biometrickými vlastnostmi: otisk prstu, snímání sítnice nebo duhovky, hlas, podpis.

Při použití hesel se dá rozdělit druh hesla:

1. Statické: jsou to hesla v čase neměnná, jsou používána každý den, nutné je však pamatovat si dané heslo např.: pin na kreditní kartě, heslo do IS atd.
2. Dynamické: hesla se mění podle určitého algoritmu. Tím se znesnadní přístup neautorizované osoby. Heslo se mění v závislosti na čase a místě. Heslo se zadává podle určitého programu, diářů, čipových karet nebo flash pamětí.

Některé základní biometrické identifikační metody:

1. Otisk prstu: nepoužívanější metoda, je uznávaná jako celosvětový standart. Metoda je založena na unikátnosti papilárních linií a jejich spojení
2. Oční duhovka: snímají se unikátní body kolem zorničky, které vypadají podobně jako sněhová vločka. Žádné 2 duhovky nejsou stejné.
3. Oční sítnice
4. Geometrie ruky
5. Hlas

Identifikace je v dnešním světě hodně rozšířenou a čím dál více rozvíjející se službou. Mezi výhody patří:

1. nelze zapomenout
2. vysoká přesnost
3. snadné použití
4. nepřenosná
5. možnost plné automatizace

[1], [2]

1.4 Základní pojmy biometrického zpracování

Během biometrické identifikace probíhají 4 kroky, které načtou, zpracují a vyhodnotí data.

1. Biometrický vzorek: behaviorální nebo anatomický vzorek. Např.: otisk prstu, kapka krve
2. Biometrické data: souhrn všech měřitelných údajů ze vzorku. Ty se zpracují a poté se měří a vyhodnocují. Např.: otisk prstu je složen s papilárních linií, jejich spojení a kombinací.
3. Biometrické markanty: tuto část využíváme pro identifikaci nebo verifikaci. Také se v tomto kroku odfiltruje šum, zranění apod. V jednom vzorku je vždy více informací než potřebujeme. Např.: otisk prstu – sejmeme hodnoty a měřením se zjistí konec a začátek křížení papilárních linií nebo vzdálenost od sebe.
4. Biometrická šablona: naměřené hodnoty s minimálním počtem markantů se vyhodnotí a výsledek je verifikace nebo identifikace.

Typické markanty jednotlivých skupin měření:

- 1) Prst: umístění a směr charakteristických bodů (tvar, směr a rozdělení papilárních linií)
- 2) Hlas: frekvence a intonace
- 3) Duhovka: rýhování a proužkování duhovky
- 4) Podpis: rychlost, dynamika a vzhled
- 5) Ucho: velikost a tvar

Biometrie v praxi je velmi častěji používána a při jejím výběru je mnoho důležitých aspektů. Rozlišujeme cenu, chybovost, přijatelné uživatelské podmínky, faktory které by mohly ovlivnit měření a dostupnost. V tab. 1 máme menší srovnání identifikačních metod.

[1], [2]

Biometrické vlastnosti	Komfort	Přesnost	Cena	Dostupnost
Otisk prstu	7	7	7	4
Podpis	3	4	6	5
Geometrie tváře	9	4	5	7
Duhovka	8	9	2	8
Sítnice	6	8	3	5
Geometrie ruky	6	5	5	6
Hlas	4	3	8	3
DNA	1	7	1	9
Pach	X	2	X	7
Psaní na klávesnici	4	1	9	2
Heslo	5	2	9	8

Tab. 1: Rozdělení a vyhodnocení systému kde 1 je nejhorší a 9 nejlepší[1, 2]

2 Základní rozdělení identifikace osob

Hlavní rozdělení biometrické identifikace je rozdělení na metody behaviorální – jsou to metody, které určují vlastnosti člověka. Tyto vlastnosti můžeme zdokonalovat a postupně rozvíjet. Příkladem těchto vlastností je psaní na klávesnici, hlas nebo podpis.

Dále jsou to metody anatomicko – fyziologické. Do této kategorie spadají anatomické a fyziologické vlastnosti člověka – oční sítnice nebo duhovka, otisk prstu, geometrie ruky nebo obličeje. Tyto vlastnosti jsou pro každého člověka jedinečné a nedají se napodobit.

[1], [2], [3]

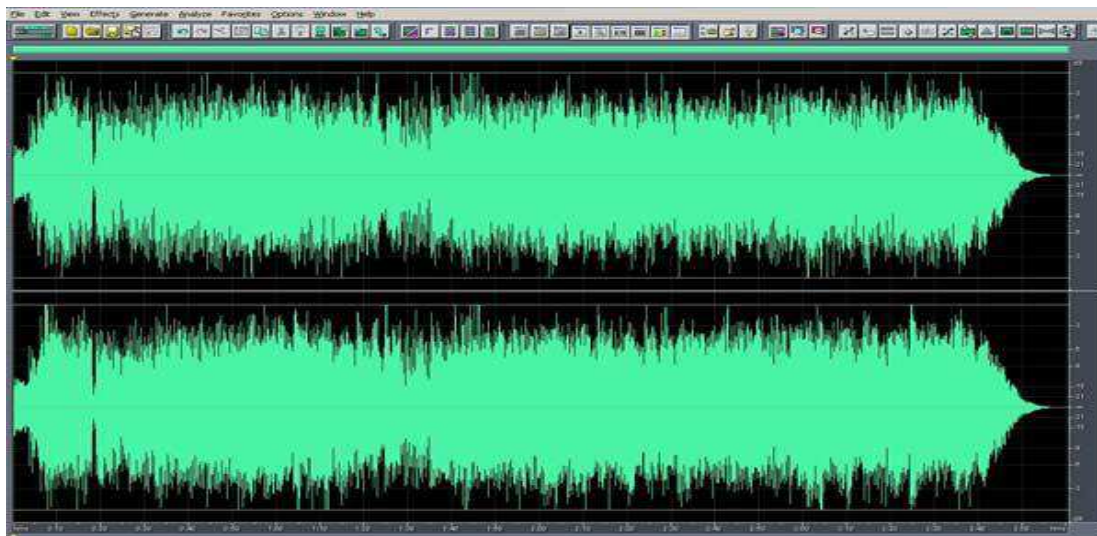
2.1 Biometrické metody behaviorální

Metody založené na vlastnostech člověka. Patří sem měnné vlastnosti každé osoby. Postupem času mutujeme a stávají se s nás vyspělejší osoby. Při této změně se učíme novým věcem. Mění se nám hlas, chůze, písmo, atd. Proto použití těchto vlastností vyžaduje častější obnovu vzorků v databázích.

[1], [3]

2.1.1 Identifikace podle charakteristiky hlasu

Tato metoda patří k nejstarším metodám. Tato metoda se využívá již několik desítek let. Dostatečnou odlišnost hlasového záznamu zaručuje tvar a rezonance ústní dutiny, hlasivky, jazyk a zuby. Dále pak můžeme rozdělit osobnost dotyčného, jeho projev, barvu hlasu, akustiku nebo skladbu řeči. Tyto znaky způsobí jedinečnost zvukového záznamu. V této metodě se rozděluje identifikace a verifikace a jejich způsob porovnávání v systému. V obr. 2-1 vidíme srovnání dvou vzorků hlasového záznamu.



Obr. 2-1: Biometrický vzorek pomocí hlasu[1]

Pro nahrání vzorku nám stačí obyčejný mikrofon. Jedinečné znaky vokálního traktu, který tvoří biometrický vzorek, dostaneme přes filtry, které nám odstraní nežádoucí šum a okolní ruch. Pro tuto metodu platí – čím více akustických slov tím je systém bezpečnější. Zamezí se tím, aby imitátor hlasu obelstil systém a překonal všechna jeho zabezpečení. Délka věty se pohybuje okolo 3s. Delší záznam by byl náročnější na velikost záznamu. Moderní systémy již dokážou rozpoznat nahrávku z diktafonu nebo jiného zařízení.

Výhody: rychlé, jednoduché, nenáročné a levné.

Nevýhody: závisí na stavu člověka, velké okolní rušení, nebezpečí imitace, malá stálost.

[1], [2], [3]

2.1.2 Identifikace pomocí stisku kláves na klávesnici

Metoda, která sleduje dynamiku úhozů na klávesnici. Sleduje se doba stisknutí klávesy a doba prodlevy mezi jednotlivými údery. Tato metoda je zdoluhavá. Dá se použít při vstupu do systému, počítačů, vzdálených serverů. Problém je že dobou se člověk zlepšuje ve psaní a poté systém potřebuje obnovu dat. Také změna klávesnice a prostředí ovlivní rychlost a intuitivnost člověka.

Výhoda: přijatelnost, výhodnost, cena

Nevýhoda: zdoluhavé měření, velká pravděpodobnost nepřijetí, změna klávesnice

[1], [2]

2.1.3 Identifikace podle dynamiky podpisu

Při této metodě se využívá všech vlastností člověka. Tato identifikace se používá již několik stovek let. Využívá se v této metodě podpisový vzor ale také rychlost tahu a tlak na tužku. Využívá se tužka a speciální podložka. Dalšími aspekty jsou rychlost, akcelerace, časování a směr tahu. Tyto hodnoty jsou zaznamenávány v trojrozměrném systému souřadnic. Nikdo není schopen zfalšovat podpis na rozdíl od statického systému, kde se srovnává geometrické vlastnosti podpisu.

Výhoda: bezpečnost, rychlost, intuitivnost

Nevýhoda: složitý systém, zranění

[1], [2]

2.2 Biometrické metody anatomicko fyziologické

Metody založené na anatomických vlastnostech člověka. Do této kategorie řadíme metody, které rozpoznávají lidské části těla. Tyto vlastnosti jsou více stále než behaviorální a proto jsou i lepší k biometrické identifikaci. Do této kategorie řadíme prsty, oči, obličej, apod.

2.2.1 Biometrie prstu – identifikace pomocí otisku prstu - daktyloskopie

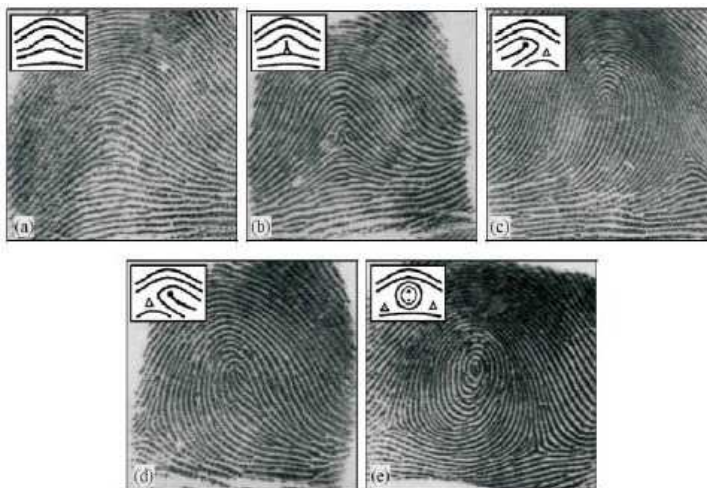
Nejrozšířenější, nejpoužívanější a nejznámější biometrická identifikace ve světě. Tato metoda je založena na jedinečnosti papilárních linií na konečcích prstů ruky. Papilární linii má každý jedinec rozdílné a to platí i pro jednovaječná dvojčata – z čehož se dá říci, že je skoro nemožné, aby se vyskytli 2 jedinci se stejným vzorem. Tyto linie jsou vyvýšené reliéfy, jejichž výška se pohybuje kolem 0,1 – 0,4 mm a jejich šířka 0,2 – 0,7 mm.

Veškeré informace jsou uloženy v nejhlubší části vrchní pokožky a to v zárodečné vrstvě kůže. Díky umístění a její regeneraci je nelze lehce odstranit a to pouze s použitím násilných postupů. Odolá dokonce i lehkému poleptání nebo mechanickému poškození – po určitém čase se dokáže sama zregenerovat do původní podoby, pokud však není poškozena i zárodečná vrstva. Papilární linie jsou neustále nahrazovány novými buňkami a staré odpadávají. Tvar a markanty přitom zůstanou neměnné.

[1], [2], [3]

Mezi základní druhy otisku prstů – třídy otisku prstů se dají rozdělit:

- 1) oblouk
- 2) strmý oblouk
- 3) spirála
- 4) levá smyčka
- 5) pravá smyčka



Obr. 2-2: Základní rozdělení tvaru otisku prstů[1]

Z těchto údajů nalezneme tkz. markanty. Druhy markantů jsou v obraze ukončení papilárních linií, jejich rozdělení nebo sloučení apod. V obr. 3 jsou základní markanty při snímání otisku prstů.

Na těchto bodech je založen celý proces identifikace uživatele pomocí otisku prstů. Načtou se data v podobě otisku prstů – vyhodnotí se markanty, kde jejich počet závisí na druhu zabezpečení (čím více markantů tím bezpečnější systém). Nalezeno jich bylo přes 60. Tyto

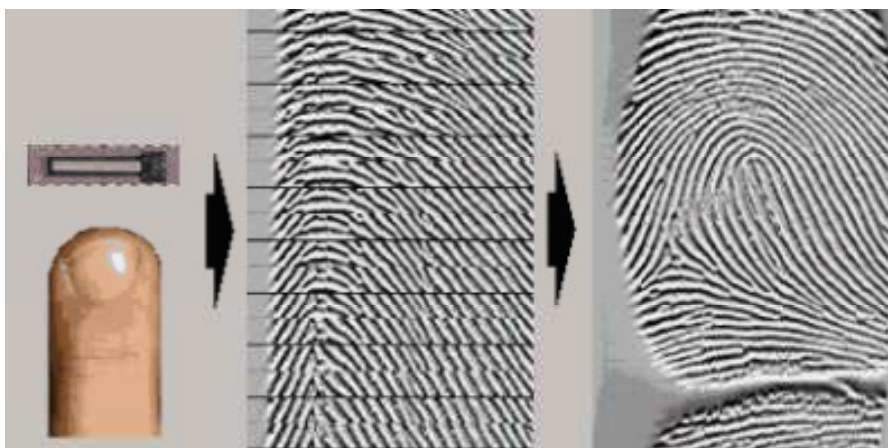
markanty se srovnávají s uloženými hodnotami a vyhodnotí. Otisky prstů se dají snímat staticky, kdy se prst přitiskne na senzor, který sejme data.

Výhodou tohoto snímání je intuitivnost, jelikož uživatel musí jenom přiložit prst na snímač. Nevýhodou je kontakt s povrchem snímače, kde může dojít k zanechání otisku prstů.

Dalším způsobem je snímání šablonováním, kdy senzor snímá postupně části prstu, a poté se obraz složí dohromady. Postup této metody je ukázán na obr. 2-3.

Výhodou této metody je, že na snímači nezůstane žádný zbylý otisk a senzor má menší velikost i cenu.

Mezi nevýhody se dá zařadit správnost posunutí prstu po snímači – aby nedošlo k špatnému složení obrazu prstu.



Obr. 2-3: Senzor na otisk prstu pomocí šablonování[1]

Také máme dva různé algoritmy pro rozpoznání otisků prstů.

- 1) Podle vzoru: naskenuje otisk prstu a poté se přiřadí algoritmus, který zjistí pozice markantů.
- 2) Podle podrobnosti: porovnání s etanolem pozice a orientaci markantů v otisku prstu. Má větší nárok na senzor.

Snímače k tomuto procesu jsou:

- 1) Kontaktní
- 2) Bezkontaktní

Bezkontaktní snímače:

- 1) ultrazvukové
- 2) optické

Kontaktní snímač:

- 1) optoelektronické
- 2) kapacitní
- 3) tlakové
- 4) teplotní
- 5) elektroluminiscenční
- 6) elektronické

[1], [2], [3]

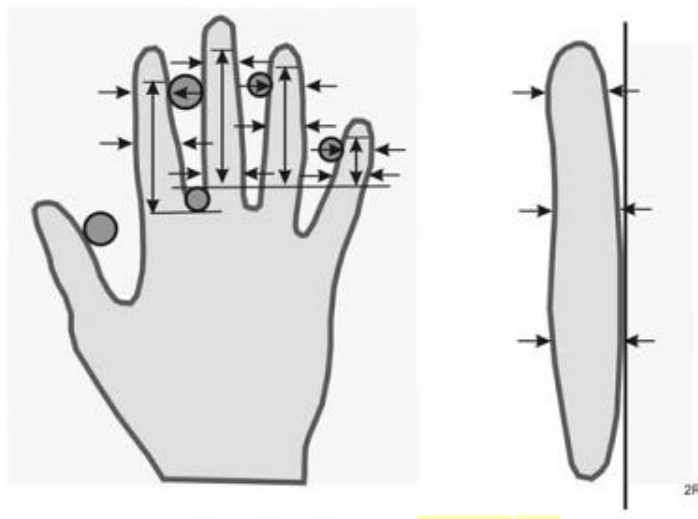
2.2.2 Geometrie ruky

Tato metoda je založena na rozdílných velikostech dlaní, prstů a nehtových lužek. Metoda je použitelná pouze u dospělých osob, jelikož se tvar a délka se již nemění. Samotné měření poté probíhá pomocí kamery, která snímá s třídimenzionální perspektivou. Kamera nemusí být speciálně upravena ani snímat barevný obraz, jelikož u této metody není barva podstatná.

Při měření daná osoba vloží ruku na připravenou podložku s pěti kolíky pro přesnou polohu ruky. To sníží pravděpodobnost neoprávněnému zamítnutí. Umístění ruky na podložce je na obr. 2-4.

Mezi nevýhody této metody patří: při značné změně váhy dojde k změně tloušťky prstů hygiena - při této metodě se musí osoba dotknout plochy a je tady nízká spolehlivost při špatném přiložení ruky.

[1], [2], [3]



Obr. 2-4: Přesné umístění ruky při identifikaci pomocí geometrie ruky[1]

2.2.3 Geometrie obličeje

Tato metoda je nejpřirozenější ze všech zde uvedených metod, jelikož svůj obličej vystavujeme každodenně. Tato metoda je pořád ve stádiu výzkumu a nového rozvoje, i když se

s touto metodou setkáváme na letištích, nádražích, velkých centrech nebo kasinech. Jádrem této identifikace je obraz obličeje sejmuté kameroou a poté srovnáním v systému s celou databází. Jednou ze složek pro snímání této metody je tvar obličeje – přesněji vzdálenosti mezi jednotlivými částmi obličeje např.: rozestup očí, vzdálenost mezi nosem a ústy, velikost a tvar úst, obočí a nosu.

Tato metoda má 2 typy systému snímání a to: statický řízený systém a dynamický neřízený systém.

U statického řízeného systému se uživatel dívá přímo do kamery a v určitých případech je lepší mít osvětlení a pozadí upraveno pro co nejlepší efektivitu. Tento systém se dá použít pouze v místech kde je tyto parametry možno uplatnit – na přepážkách, letištních kontrolách nebo u docházkového systému firem.

U dynamického neřízeného systému je kamera umístěna na určitých místech a snímá např.: z větší vzdálenosti, se špatným úhlem, nebo za špatného osvětlení. Toto všechno ale dopomáhá k nekorektnímu výstupu dat nebo nerozpoznání obličeje. Tento systém je naproti ostatním metodám financován mnohými vládami pro jeho použitelnost v celém systému. Dá se použít na letištích, velkých městech, nádražích a všude tam kde je veřejná kamera. Díky tomu se dá rozpoznat člověk na velkou vzdálenost. Tento systém napomáhá proti boji s terorismem.

Výhoda této metody je její nenáročnost, kde stačí obyčejné kamery + kvalitní software. Uživatel není omezován, v určitých případech ani neví, že je snímán. Nízké požadavky na kameru.

Nevýhodou je právě zmiňované prostředí snímání, světelné podmínky a úhel snímání. Také změna účesu nebo fousů může ovlivnit výsledek snímání. Systém také nerozliší jednovaječná dvojčata.

[1], [2]

2.2.4 Pachu

Málo používána metoda – slouží spíše pro hledání s pomocí psů, kteří mají vyvinutější čich. Každý člověk má specifický pach. Skladba pachu každého člověka se skládá:

- 1) Věk jedince
- 2) Pohlaví – muž x žena
- 3) Rasa – europoidní, mongoloidní, negroidní, australoidní
- 4) Charakteristika postavy – štíhlý, obézní
- 5) Zaměstnání
- 6) Konzumace určitých potravin a alkoholu

Tyhle části jen doprovázejí základní pach, který je životem neměnný a je dán geneticky. Identifikace podle pachu je zatím nerealizovatelná. Již jsou vyvinuté 2 metody, ale jejich použitelnost je skoro nulová.

[1], [2]

2.2.5 DNA

DNA je 100% údaj o daném člověku, který se nedá nijak zaměnit. Pouze jednovaječná dvojčata mohou mít stejnou DNA. Z DNA se dá vyčíst řadu informací o daném jedinci. Tato metoda je velmi zdlouhavá a proto se pro rychlou identifikaci nemůže použít. Skládá se z pěti kroků:

- 1) Vzorek tkáně vypreparujeme se celá spirála DNA.
- 2) Tato část se štěpí enzymem EcoR1.
- 3) Fragmenty DNA jsou prosévány - získáme použitelný řetězec.
- 4) Takto použitelný řetězec se přenesse na nylonovou membránu a po přidání radioaktivních nebo obarvených genových sond získáme snímek – otisk DNA.
- 5) Přenesení do elektronické podoby

Tato metoda se používá v dnešní době pouze pro určení otcovství nebo při identifikaci těl. Tato metoda není použitelná na identifikaci v reálném čase.

[1], [2]

2.2.6 Identifikace pomocí snímání oční sítnice

Tato metoda je založena na jedinečném vzoru sítnice. Pro toto snímání je nutné mít speciální optickou kameru. Sítnice oka se skládá z dostatku specifických anatomických bodů, díky kterým je zaručena vysoká identifikační schopnost systému. Snímání sítnice oka probíhá světelným paprskem, který je pohlcován sítnicí a jejím řečištěm žilek a cévek – podle odrazu světla se složí obraz. Díky různému pohlcování světla v sítnici a v řečišti dostaneme krásnou odezvu obrazu. Toto řečiště žilek zůstává po dobu života skoro neměnné.

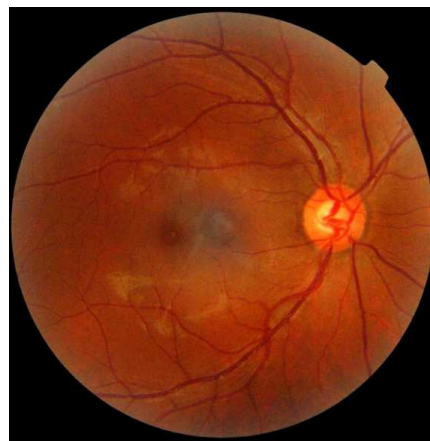
Přesněji řečeno snímání sítnice probíhá za pomoci infračerveného paprsku o nízké intenzitě, který popíše kruhovou dráhu sítnice a prochází skrz zornici. Při snímání je sítnice víceméně neviditelná kvůli použité vlnové délce paprsku. Výsledkem tohoto postupu bude snímek zachycující krevní řečiště, které vidíme na obr. 2-5.

Skenování touto metodou je velice přesné. Měřený musí přiložit oko ke kameře ve vzdálenosti kolem 3cm a vytrvat po dobu 10 – 15s. Dívat se musí celou dobu do světla a vyčkat až proces doběhne do konce. Během tohoto kamera snímá odraz světla na sítnici, vyobrazen na obr. 2-6. Po snímání se obraz převede do elektronické podoby a systém jej srovná s databází a vyhodnotí.

Tato metoda patří k nejpresnějším metodám. Je také velmi bezpečná. Všechny tyto pozitivní vlastnosti mají za důsledek vysokou cenu systému a vybavení. Ovšem v tomto systému není nutné další zabezpečení díky vysoké bezpečnosti proti oklamání systému. Vyrobit umělé oko a zaimplementovat do ní přesně stejnou sítnici s celým řečištěm je zhora nemožné. Sítnice z mrtvých těl se rychle kazí, proto je taky po určité době nepoužitelné.



Obr. 2-6: Snímač sítnice oka[7]



Obr. 2-5: Vzorek sítnice oka[8]

Výhodou: této metody je malá pravděpodobnost falešně negativního výsledku – za cenu nepohodlně dlouhého dívání do kamery s malé vzdálenosti, spolehlivá metoda, rychlý výsledek, vysoká přesnost

Nevýhodou: náchylnost oka na nemoci – nelze snímat, uživatelsky nepříjemné – nutné dívání na jedno místo po dobu až 15s, nepříjemné světlo, vysoké náklady

[1], [2], [3]

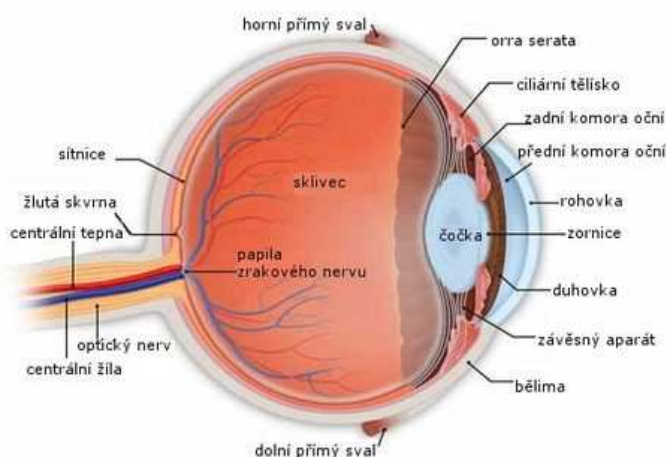
3 Biometrická identifikace pomocí oční duhovky

Biometrie pomocí oční duhovky je nejbezpečnější a rychle se rozvíjející metodou. Tato metoda využívá jedinečnosti oční duhovky a díky tomu je tato metoda na rozdíl od ostatních tak bezpečná. [1], [2]

3.1 Anatomie oka

Oko je důležitý párový orgán v lidském těle, díky kterému vnímáme okolní svět. Tento orgán je uložen v obličejové části lebky a to v očníci, neboli v očním důlku. Zvenčí je chráněn horním a dolním víčkem, řasy a slzným filtrem. Pohyb oka je zajištěn šesti okohybnými svaly, které jsou upnuty na oční bulvě. Oko je neustále zvlhčované pomocí slzných kanálků. Celé oko tvoří oční bulbus, do kterého vstupuje oční nerv a tepny vyživující celé oko.

Detailní popis oka viz obr. 3-1, kde vidíme jeho základní části. Díky tomu že oko je uloženo v očním důlku, tak je bezpečně chráněno jak zevnitř, tak i z venku víčkem. Pokud bychom chtěli oko jakýmkoliv způsobem upravit, může nastat i poškození zraku – slepota. Proto použití oka, jako nástroj pro identifikaci není špatná volba, a jelikož snímání nemá žádné nežádoucí účinky, můžeme jej využívat každý den.



Obr. 3-1: Detail oka[6]

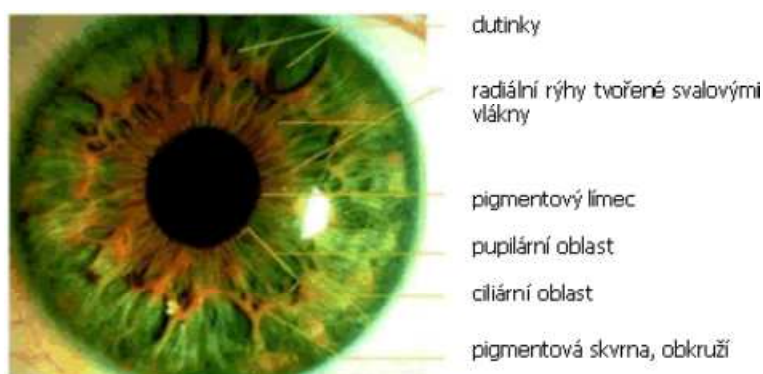
- 1) Bělimo (sclera) – Je bílá a tuhá vazivová blána která věkem žloutne. Její tloušťka se pohybuje kolem 0.3 – 2mm a zabírá 4/5 povrchu očního bulbu. Na bělmo se upínají okohybné svaly. V zadní části ji prostupuje oční nerv a v přední přechází v rohovku.
- 2) Rohovka (cornea) – Je přední část oka, která obsahuje nervy a nervová zakončení. Má podobu hodinového sklíčka.
- 3) Živnatka (uvea) – Obsahuje velké množství cév a pigmentových buněk. Je hnědočerveně zbarvená a z velké části je tvořena cévnatkou.

- 4) Řasové tělísko – Paprscitě uspořádaný blok z hladké svaloviny. Na svém povrchu má mnoho výběžků, na kterých je pomocí tenkých vláken zavěšena čočka. Veškeré stahy svalstva mění podle potřeby zakřivení čočky. Tím se zaostřuje obraz.
- 5) Čočka (lens) – 4mm silný orgán v oku, který je zavěšen na řasnatém tělísku. Je to průhledná dvojbypuklá spojka, která má více zakřivenou zadní část. Funkce čočky je lom světla tak, aby se sbíhal na sítnici. To pomáhá k lepšímu vidění.
- 6) Sítnice (retina) – Jemná blána složená s několika vrstev, kde její tloušťka odpovídá 0.2 – 0.4mm. Je tvořena nervy a nervovými zakončeními v podobě tyčinek a čípků. Tyčinky reagují i na velmi nízkou intenzitu světla a rozlišují pouze černobílý obraz a jeho stupeň šedi. Zato čípky reagují jenom na silný zdroj světla a dokážou rozlišovat barvy RGB. Tyčinek je ve zdravém oku kolem 130 milionů, čípku pouze 7 milionů. Na sítnici se s těchto zakončení složí obraz a pomocí očního nervu se dopraví až do mozku.

[4], [5]

3.2 Duhovka

Duhovka má tvar mezikruží. Uprostřed tohoto mezikruží leží zornice – černá část oka. Barevná část oka-duhovka, která se zornicí tvoří přední část oka. Díky tomu je světlo přenášeno přes čočku na sítnici. Světlo prochází pouze přes zornici – duhovka je neprůsvitná. Obraz ze sítnice je přenášen očním nervem do mozku. Zornice mění velikost podle intenzity světla dopadajícího na oko. Její rozsah je 10 – 80% velikosti duhovky. Velikost se mění při větší intenzitě je zornice na minimálních hodnotách duhovky, oproti tomu při slabším světle nebo žádném je zornice na maximálních hodnotách povrchu duhovky. Při naší identifikaci je tento jev nežádoucí. Potřebujeme snímat co největší plochu duhovky pro co nejlepší obraz k porovnání.



Obr. 3-2: Detail duhovky[3]

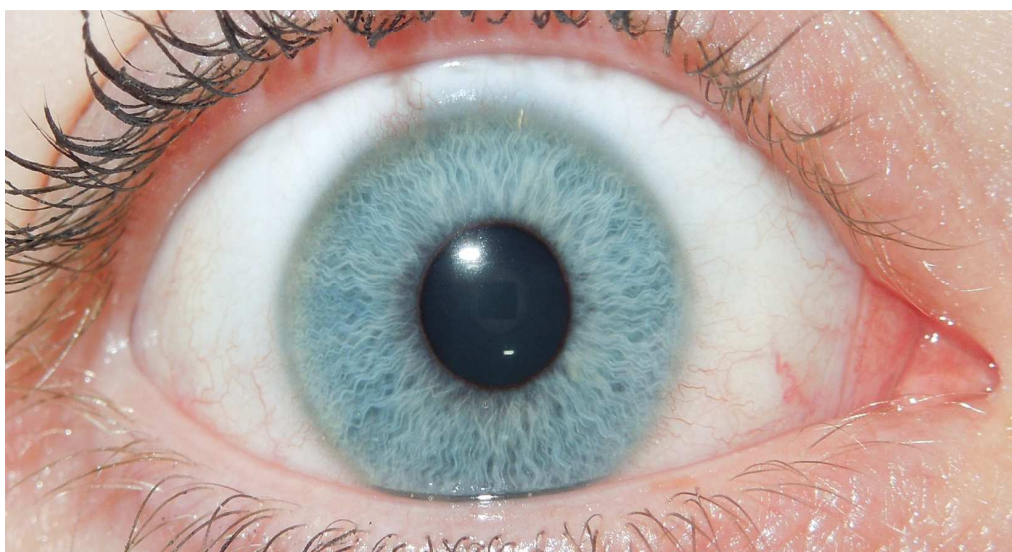
Barva duhovky je dána množstvím barevného pigmentu – melaninu. Čím větší množství je v těle zastoupeno tím tmavší je duhovka – hnědá, hnědozelená. Naproti tomu čím menší koncentrace je zastoupena, tím světlejší je duhovka – modrá, modrošedá. Duhovka má specifickou strukturu, unikátní pigmentaci a různobarevné plochy. Díky tomu v sobě obsahuje spoustu informací a bodů, díky kterým můžeme duhovky srovnávat. Popis duhovky a jejich specifických vlastností popsal již John Daugman – popsal, že na duhovce je minimálně 250 rysů viz obr. 3-2. Duhovka je dobře chráněna, díky tomu že je umístěna za rohovkou a komorovou vodou. Díky tomu zásah do duhovky může způsobit i ztrátu zraku. Duhovka je v čase neměnná i díky tomu je vhodný kandidát na biometrickou identifikaci.

Snímání oční duhovky je poměrně nová metoda, zato rychle se rozvíjející a pro její kladné vlastnosti velmi žádanější biometrickou identifikací. Duhovka se začíná tvořit ve 3. měsíci těhotenství a vyvíjí se do 8 -10. měsíce života. Její unikátnost a dokonalost je u každého jedince rozdílná a to i v případě jednovaječných dvojčat. Dokonce ani levé a pravé oko člověka nemá stejnou duhovku. Unikátnost vzoru duhovky lze přirovnat k unikátnosti otisku prstů, kde z jednoho otisku prstů lze získat až 40 unikátních vzorů (markantů) a z jednoho snímání duhovky lze získat až 400 markantů. Tady jde vidět jak originální je duhovka.

[1], [2], [3]

4 Realizace funkčního kódu v programu Matlab

Celá metoda spočívá v nasnímání obrazu CCD kamerou o vysokém rozlišení – min. 640x480. Tyto parametry v dnešní době splňuje většina kamer. Snímání probíhá 2-3 sekundy a neoptimálnější vzdálenost je 10cm. Dá se ovšem snímat od 5cm do 1m ale poté se musí počítat se speciální úpravou kamery, aby snímala co největší část oka. Snímek nesmí být rozmazaný, musí obsahovat minimální velikost oka a má dané minimální rozlišení. Osvětlení hraje také důležitou roli. Neoptimálnější je přirozené osvětlení, které neoslnuje a postačí ke kvalitnímu snímku. Pokud je okolí tmavé nebo není dostatek osvětlení, použije se infračervené světlo s vlnovou délkou 790 – 900nm, nebo led světlo s nízkou intenzitou – aby neoslnilo.

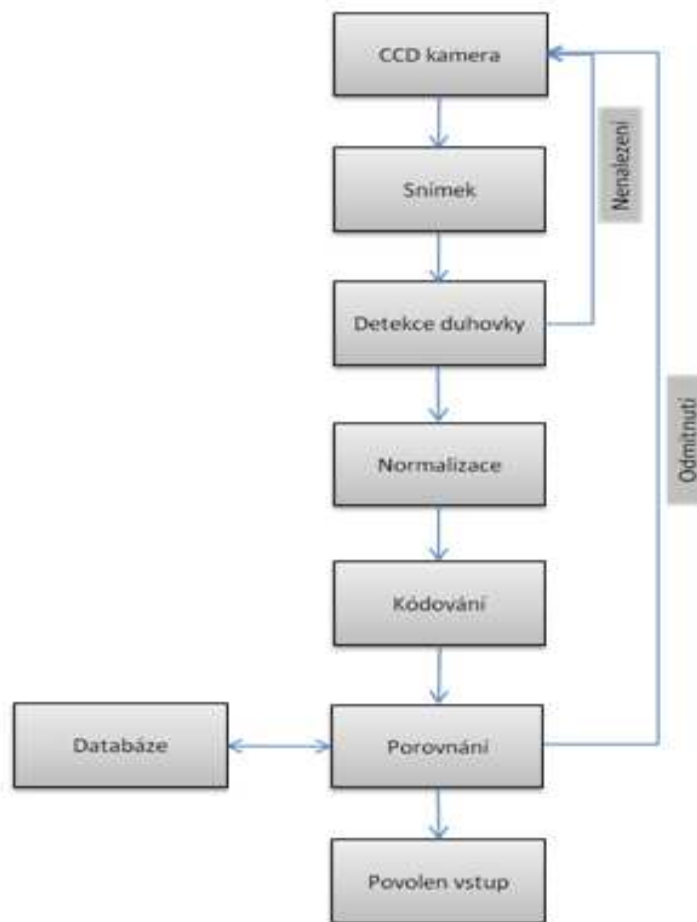


Obr. 4-1: Oční duhovka pořízena programem

Při pořízení snímku se v programu převede do požadovaného tvaru – neboli z RGB do stupňů šedi. Tento obrázek je dále použitelný v programu. Pomocí Daugmanova algoritmu, přesněji pomocí integro-diferenciálního operátoru, nalezneme hranici křivek. Díky tomu lokalizujeme hranice duhovky. Druhou použitelnou metodou je Houghova transformace, která využívá pro nalezení duhovky parametrické popisy objektů. Díky tomu že duhovka je mezikružím, můžeme využít i tuto metodu, díky jednoduchým matematickým popisům nalezneme kruhy v obraze.

Dalším krokem celé metody bude normalizace, kde převedeme duhovku oka z mezikružím do obdélníkového tvaru. Tím docílíme ustálené a jednotné velikosti. Z této velikosti lze následně vytvořit kód pro srovnání. Srovnání proběhne s databází a vyhodnotí uživatele povolením nebo zamítnutím. Celý proces bude rozebrán v následujících krocích, které jsou na obr. 4-2.

[1], [3]



Obr. 4-2: Schéma průběhu metody

4.1 CCD kamera – snímání

Vlastnosti kamery ovlivňují celý program. Při špatném snímání nastane chybová detekce, proto klademe minimální požadavky na výběr kamery. Kamera musí mít minimální rozlišení 640 x 480 bodů. Toto rozlišení je také požadováno programem a je taky maximální co v tomto programu můžeme použít. Nastavení se provádí pomocí kódu, ve kterém se nastaví spojení kamery, její parametry přenosu a doba k expozici. Poté je třeba, aby kamera snímala v RGB barvách pro následný převod do odstínu šedi.

Kamera musí snímat ze vzdálenosti přibližně 100mm, a snímek musí být dostatečně ostrý. Pořízení probíhá po 3 sekundách od spuštění. Toto je z důvodu aklimatizace kamery pro okolní prostředí - světlo, vzdálenost. Při použití kvalitnějších kamer se tato doba dá ovlivnit. Osvětlení prostředí a oka je taky velmi důležité. Při špatném osvětlení může být snímek nekvalitní nebo nebude viditelný přechod mezi duhovkou a zornicí. Proto je pro tento program požadováno

dostatečné osvětlení pro kvalitní detekci. Pokud nebude osvětlení dostatečné, detekce se neprovede správně.

Při snímání je optimální dostatečné okolní osvětlení – díky dostatečnému osvětlení vidíme na duhovce pruhované síťované struktury. Pokud je osvětlení nedostatečné je potřeba oko nasvítit. To docílíme pomocí led, nebo infračerveného světla. Při použití infračerveného světla vyniknou v duhovce velké množství příznaků, ale je třeba mít kameru pro toto záření. Je také komfortnější pro uživatele, jelikož toto světlo neoslňuje a není nepříjemné jako viditelná část spektra. V této metodě barva duhovky nehraje roli, proto i kamera může být použita jen ve stupních šedi.

[1], [3], [10]

Prvním krokem zjistíme jak je kamera v systému umístění, její formáty a rozlišení. To zjistíme pomocí těchto příkazů:

```
imaqhwinfo
imaqhwinfo('winvideo')
imaqhwinfo('winvideo', 1)
camara=imaqhwinfo('winvideo', 1)
camara.SupportedFormats
```

Po zjištění vlastností kamery si zvolíme jednu, kterou budeme využívat. V našem případě je to rozlišení 640x480. Dále zvolíme formát přenosu a to buď RGB nebo YUY2. Na mém notebooku jedou pouze formáty YUY2 proto volím toto nastavení:

```
vid = videoinput('winvideo', 1, 'YUY2_640x480');
```

Změna formátu je možná dle vnitřního nastavení zařízení. Pokud je v systému možnost nastavení RGB24 formátu, zvolíme tento.

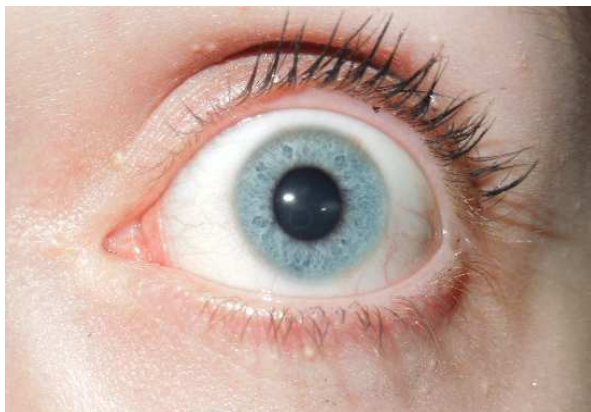
Díky tomu máme nastavený přenos obrazu. Nastavení expozice snímku a její převod do programu už je dané nastavením uživatele.

4.2 Snímek

Snímek je tedy uložen v programu ve formátu 640x480 v barevném spektru na obr. 4-3. Při dostatečném rozlišení a kvalitě snímku se v programu převede tento snímek do odstínu šedi kde může dále pokračovat v programu. Tento krok provádíme příkazem:

```
I = rgb2gray (snap);
```

Výsledkem je tedy šedotónový snímek ve formátu 640x480, který je níže na obr. 4-4, který vstupuje do programu. Tento snímek musí být ostrý, musí obsahovat detail jednoho oka a neměly by do snímku zasahovat jiné předměty nebo vlasy.



Obr. 4-3: Nasnímaný snímek RGB



Obr. 4-4: Upravený snímek – odstíny šedi

4.3 Detekce duhovky

Detekci duhovky provádíme s pořízeného snímku, který je upravený do potřebných parametrů. Detekcí duhovky nalezneme okraje duhovky v oku. Tato metoda může být provedena 3 způsoby, které si popíšeme níže. V této práci využíváme dvě metody, ze kterých na konci vybere tu rychlejší a přesnější. Každá metoda má své výhody a nevýhody, které ovlivňují výsledek.

4.3.1 Daugmanův algoritmus

První metodou je Daugmanův algoritmus, který využívá integro-diferenciální operátor, díky kterému vyhledáme hranice křivek v obraze. Jeho znění je:

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\delta(r) * \frac{\delta}{\delta r} \int_{r, x_0, y_0} \frac{l(x, y)}{2\pi r} ds \right|; \quad (1)$$

kde $G_\delta(r)$ je Gaussova funkce vyhlazení podle δ a $l(x, y)$ je vstupní obraz. Operátor zohledňující rostoucí poloměr r hledá maximální hodnotu z parciální derivace normalizované kontury integrálu vstupního snímku. Integrál je počítán z hodnot obrazu x, y podél kružnice dané poloměrem r a souřadnicemi středu x_0, y_0 . Výstupem tohoto optimalizačního hledání jsou parametry kružnice r, x_0, y_0 , které nejlépe vyhovují vnitřní a vnější hranici duhovky.

Tuto metodu nepoužijeme, jelikož se zdála zbytečně zdlouhavá na výpočty a jelikož pracujeme s integrálem tak i složitou na použití. Dalším důvodem je špatná detekce při špatném úhlu nebo osvětlení.

[1], [2], [3]

4.3.2 Houghova transformace

Druhou metodou je Houghova transformace. Je to metoda využívající vyhledání jednoduchých objektů v obraze, jako jsou kružnice, čáry a další útvary. Cílem této metody je tedy najít podmnožinu bodů z originálního šedotónového snímku, která se přibližuje hledanému objektu. Proces prochází celým obrazem a porovnává body s určitým obrazem vzoru (kružnicí). Z takto nasbíraných bodů, vybírá maxima, která z největší pravděpodobností tvoří daný tvar. Výstupem tedy bude parametrický neboli Houghův prostor. Ten obsahuje informace pravděpodobnosti výskytu hledané struktury. Díky zornici která je černá je toto nalezení právě v této části. Kružnice je v programu definována jako:

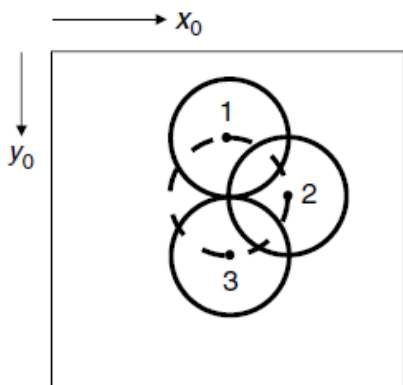
$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2; \quad (2)$$

kde x a y jsou souřadnice bodů na kružnici x_0 a y_0 jsou souřadnice středu kružnice r je poloměr kružnice.

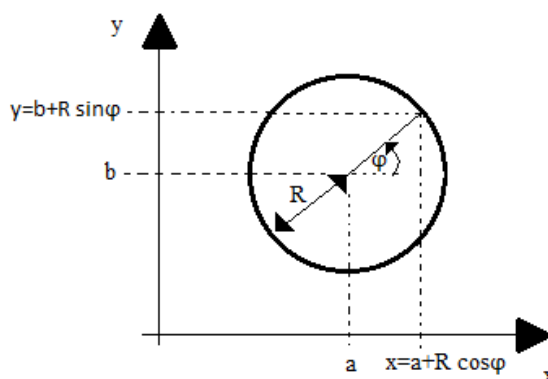
Díky parametrickému vyjádření kružnice můžeme popsat každý bod na kružnici o poloměru r a středem v bodě (x_0, y_0) a to:

$$x = x_0 + r \cos \varphi; \quad y = y_0 + r \sin \varphi; \quad (3)$$

Pro pochopení je níže obr. 4-5, kde vidíme popis kružnice s body. Na obr. 4-6 vidíme hraniční body akumulátoru, ze kterých se poté určuje výsledek vyhledávání.



Obr. 4-6: Hraniční body akumulátoru



Obr. 4-5: Popis kružnice a jejích bodů

Vstup do programu je snímek v odstínech šedi, které se převedou do histogramu. Kde vidíme, že stupně šedi jsou od 0-255 a toto je taky max. rozmezí.

Hodnota prahu pro první lokální minimum z histogramu snímku byla volena podle vztahu:

$$\text{num}(i) < \text{num}(i+1) \ \& \ \text{num}(i) < \text{num}(i-1) \ \& \ \text{num}(i+1) < \text{num}(i+2) \ \& \ \text{num}(i-1) < \text{num}(i-2) \ \& \ \text{num}(i) > 20$$

kde num je počet pixelů snímku odpovídající i -tému stupni šedi, porovnávané stupně šedi leží v případě těchto snímků v rozmezí $<2;253>$. Důvodem zařazení podmínky, že počet pixelů pro lokální minimum musí být větší než 20 pixelů, bylo zamezení výběru nevhodně nízkého prahu.

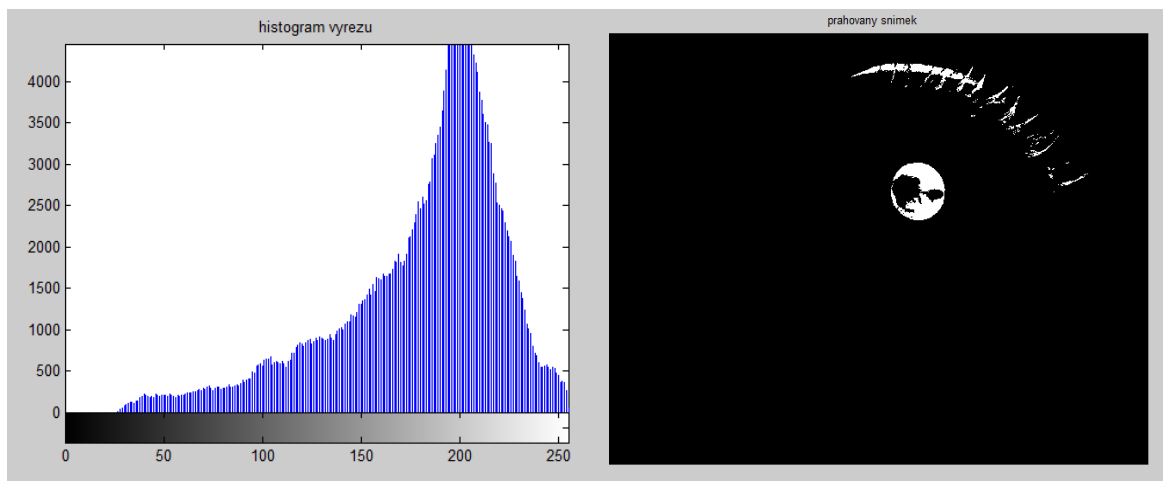
Na obr. 4-7 je ukázka histogramu snímku s vyznačeným prahem odpovídající hodnotě stupně šedi.

V prahovaných snímcích jsou detekovány hrany pomocí operátoru Sobel, který byl implementován v prostředí MATLAB pomocí vestavěné funkce `edge`.

```
Filt = medfilt2(prahovany, [5 5]);  
Edges = edge(Filt, 'sobel');
```

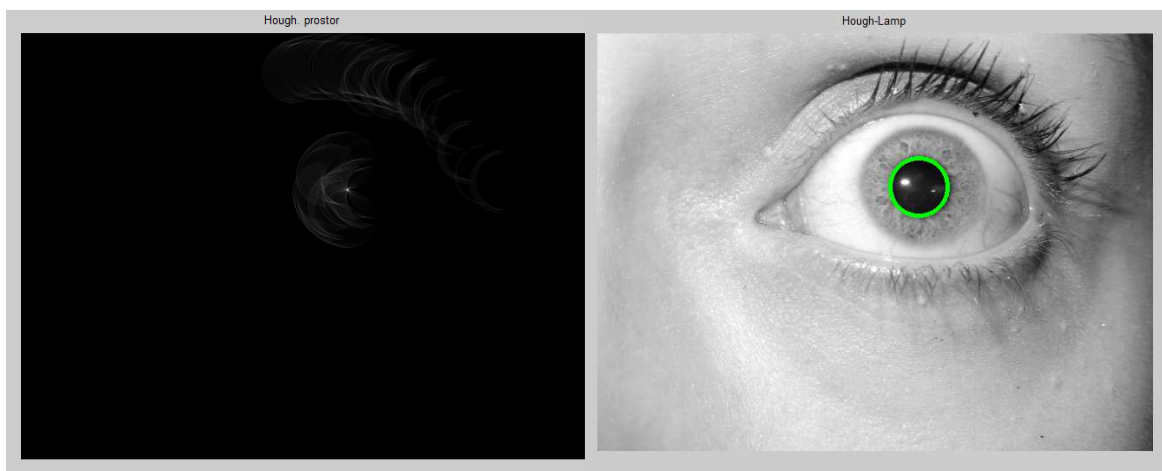
Na obr. 4-8 vidíme převedení obrazu do prahového snímku – znamená, že program zavede do histogramu stupně šedi a nejtmaší část vytáhne (bílá část) zbytek zanedbá (zčerná). Díky tomu nalezneme hrany, podle kterých již můžeme hledat jednoduché objekty (kružnice) viz obr. 4-9. Následuje nalezení hranice duhovky se zornicí na obr. 4-10.

[1], [2], [18]



Obr. 4-9: Histogram výřezu snímku

Obr. 4-8: Prahový snímek

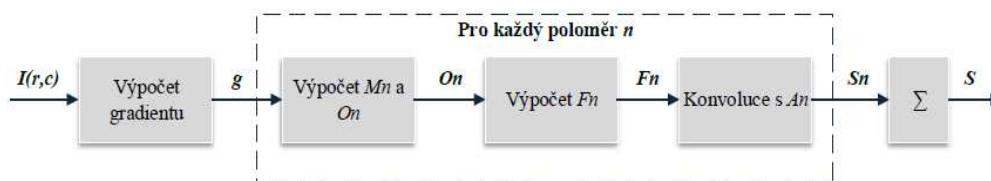


Obr. 4-7: Převedení na Houghův prostor

Obr. 4-10: Výsledná detekce duhovky a její vyznačení

4.3.3 Rychlá transformace radiální symetrie

Třetí metodou je rychlá transformace radiální symetrie. Tento algoritmus zvýrazňuje body ve snímku s využitím jejich lokální radiální symetrie. Díky tomu, že duhovka oka vykazuje radiálně-symetrické vlastnosti je tato metoda vhodná právě pro potřebnou segmentaci. V této transformaci tedy počítáme s určeným rozmezím poloměrů $n \in N^8$ detekovaného objektu. Hodnota transformace pro poloměr n , který udává příspěvek k radiální symetrii gradientů ve vzdálenosti n od každého bodu. Detailní popis tohoto algoritmu je v následujícím obr. 4-11.



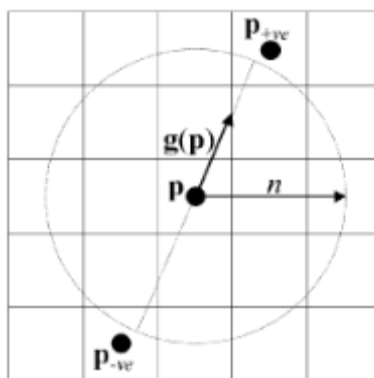
Obr. 4-11: Blokové schéma metody

Prvním krokem algoritmu je získání snímku v odstínech šedi $I(r,c)$. Při spuštění části obsahující rychlou transformaci radiální symetrie se určí gradienty $g(p)$ získaného snímku. Díky získání gradientů se vypočtou souřadnice pozitivně $p+ve(p)$ a negativně $p-ve(p)$ ovlivněných pixelů:

$$p_{+ve}(p) = p + \text{round}\left(\frac{g(p)}{\|g(p)\|} n\right), \quad (4)$$

$$p_{-ve}(p) = p - \text{round}\left(\frac{g(p)}{\|g(p)\|} n\right), \quad (5)$$

kdy round značí zaokrouhlení všech prvků vektoru na nejbližší celé číslo. Na dalším obr. 4-12, vidíme rozmístění bodů $p+ve(p)$ a $p-ve(p)$ vzhledem ke gradientu $g(p)$ pro poloměr n . Vzniklá kružnice značí všechny pixely, které mohou být ovlivněny gradientem v bodě p při daném poloměru n . Gradienty ve všech bodech p vstupního obrazu zpočteme pomocí Sobelova operátoru.



Obr. 4-12: Rozmístění pixelů

Každé dvojici pixelů při daném poloměru n je posléze vypočtena orientace O_n a mohutnost M_n . Tyto dvě hodnoty jsou v počátku nastaveny v nule a jejich následné hodnoty se přepočítávají podle vztahu:

$$O_n(p_{+ve}(p)) = O_n(p_{+ve}(p)) + 1; \quad (6)$$

$$O_n(p_{-ve}(p)) = O_n(p_{-ve}(p)) - 1; \quad (7)$$

$$M_n(p_{+ve}(p)) = M_n(p_{+ve}(p)) + \|g(p)\|; \quad (8)$$

$$M_n(p_{-ve}(p)) = M_n(p_{-ve}(p)) - \|g(p)\|; \quad (9)$$

Příspěvek radialní simetrie S_n pro poloměr n je definován konvolucí:

$$S_n = F_n * A_n; \quad (10)$$

kde

$$F_n(p) = \frac{M_n(p)}{k_n} \left(\frac{|\widetilde{O_n(p)}|}{k_n} \right)^\alpha; \quad (11)$$

a

$$\widetilde{O_n(p)} = \begin{cases} O_n(p) & \text{jestliže } O_n(p) < k_n \\ k_n & \text{v ostatních případech} \end{cases}; \quad (12)$$

kde A_n je dvojdimenzionální Gaussova funkce, α je radialní parametr přísnosti a k_n ke váha, která normalizuje M_n a O_n napříč danými poloměry. Výslednou transformací bude průměrná hodnota příspěvků radialních symetrií S_n všechn definovaných poloměrů:

$$S = \frac{1}{|N|} \sum_{n \in N} S_n; \quad (13)$$

Získáme tedy minimální hodnoty pixelů v rámci každého S_n a následně se určí minimální hodnota z předem stanovených minim. Tím dostaneme poloměr a souřadnice středu zornice. Výsledkem bude tedy nalezení hranice mezi zornicí a duhovkou. Tuto metodu jsem testoval, ale na základě dlouhé doby výpočtu a nepřesností ve vyhledávání jsem ji nepoužil ve výsledném programu.

[1], [13]

4.4 Normalizace obrazu

Po získání vzorku s hraničními body duhovky, následuje normalizace obrazu. Normalizace obrazu je převedení vzorku – vyjmuté duhovky z kartézské soustavy do soustavy polární. Tímto docílíme zachování velikosti obrazu a oblasti hledané tkáně bez ohledu na vzdálenosti od kamery nebo zúžení zornice. Vstupní data do této části programu jsou souřadnice bodů vnitřní

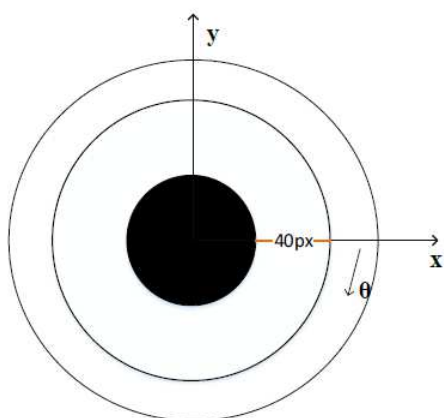
a vnější hranice detekované duhovky a její střed. Námi nalezená duhovka tvaru mezikruží se převede na obdélníkový snímek, kde na svislé ose jsou přepočteny souřadnice poloměrů kružnice duhovky a na vodorovné ose jsou úhlové souřadnice. Tento přepočet z kartézských do polárních souřadnic je:

$$x(r, \theta) = \text{round}(1 - r)x_p(\theta) + r x_i(\theta); \quad (14)$$

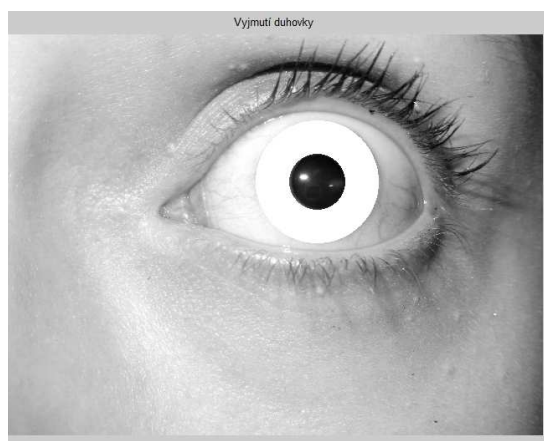
$$y(r, \theta) = \text{round}(1 - r)y_p(\theta) + r y_i(\theta); \quad (15)$$

kde r leží v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ a úhel θ je v rozmezí $\langle 0, 2\pi \rangle$, x_p a y_p jsou souřadnice bodů náležící vnitřní hranici duhovky (respektive hranici zornice) a x_i a y_i jsou souřadnice bodů vnější hranice duhovky.

Námi volená šířka duhovky neboli vnější hranice duhovky je zvoleno 40 pixelů od hranice vnitřní strany. Tato hodnota je nastavena pro všechny snímky na základě testování náhodných duhovek a sledování jejich šířek. Na obr. 4-13 lze vidět zvolený parametr šířky a obr. 4-14 ukazuje výsledek programu.



Obr. 4-13: Zvolená šířka duhovky



Obr. 4-14: Vyjmutá duhovka v programu

Důležité je správné nastavení převodu, které musí být přesně definované. Mezi tyto parametry se dá zařadit kroky mezi poloměry a úhlové kroky normalizace duhovky. Normalizace duhovky oka provádíme nejprve s krokem jedna pro poloměry i úhly. Díky tomu že poloměry duhovky se zvyšují postupem od vnitřní hranice duhovky, musíme nastavit dostatečně malé kroky normalizace. Vyhovující krok byl zvolen 0.5 pro velikost úhlového kroku a 0.65 pro krok poloměru. Díky tomuto nastavení dostaneme dostatečně kvalitně normalizovaný obraz.

Výpočet velikosti normalizované duhovky při původní poloměru 40 pixelů a 0 - 360 normalizovaných stupňů:

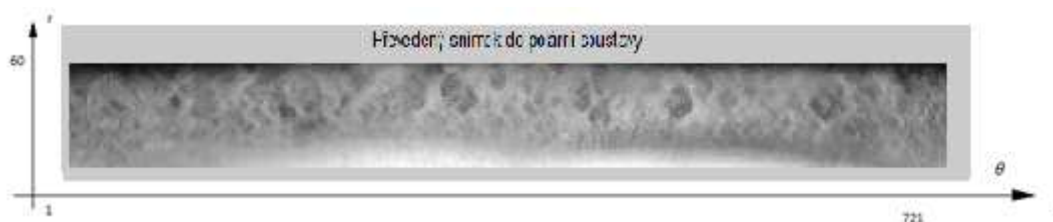
$$R_s = 1:0.65:40; \quad (16)$$

$$D_s = 0:0.5:360; \quad (17)$$

$$R_n = \frac{40}{0.65} = 61 \text{ Pixelů}; \quad (18)$$

$$D_n = \frac{360}{0.5} = 721 \text{ Pixelů}; \quad (19)$$

Nastavením kroků se převede i velikost vzorku normalizované duhovky. Výsledná velikost pro všechny snímky bude 61x721 pixelů, kterou vidíme na obr. 4-15. Normalizovaný vzorek duhovky se převede z kartézských do polárních souřadnic. Kde θ znázorňuje směr úhlů a r je velikost poloměrů.



Obr. 4-15: Normalizovaný vzorek duhovky

Dalším krokem je zvýšení kontrastu vzorku duhovky, aby byl dostatečně ostrý a vynikly všechny specifické body. Tento krok děláme proto, aby se zkvalitnil průběh detekce specifických bodů a následného srovnání. Pro zvýšení kontrastu snímku potřebujeme původní snímek a vysokofrekvenční. Vysokofrekvenční snímek získáme pomocí rozostřeného obrazu původního normalizovaného vzorku, který měl vyšší obsah nízkofrekvenčních složek. Tuto operaci provedeme díky průměrovací masky o velikosti 11x11pixelů. Pro kvalitnější průběh, a aby nedocházelo k okrajovým jevům, normalizovaný snímek rozšíříme o okraje. Tento snímek se dá chápat jako periodický ve vertikálním směru, proto rozšíříme snímek vlevo o v sloupců z pravé strany duhovky a analogicky jsme provedly to samé i z levé strany duhovky. "

Vzorec pro odvození velikosti masky v je:

$$v = \frac{m-1}{2}; \quad (20)$$

kde m je velikost masky (v našem případě je voleno $m=11$). V horizontálním směru není snímek periodický, proto je snímek v horních a dolních částech masky doplněn o pět řádků s nulami. Po rozostření snímků bylo vše vráceno do původní velikosti, aby nízkofrekvenční snímek získal stejnou velikost jako normalizovaný snímek. Tento získaný snímek se odečte od původního normalizovaného snímku. Tím dojde k relativnímu snížení nízkofrekvenčních složek v normalizovaném snímku a dostali jsme tkz. vysokofrekvenční snímek. Tento snímek byl přičten k původnímu normalizovanému snímku a tím dosáhneme zvýraznění detailů a bodů v obraze. Výsledkem je normalizovaný snímek se zvýšeným kontrastem viz obr. 4-16.

[1], [2], [3]



Obr. 4-16: Normalizovaný snímek se zvýšeným kontrastem

4.5 Extrakce příznaku duhovky

Extrakce příznaků realizujeme pomocí metody, která analyzuje lokální změny intenzit v 1D signálech. Metoda je založena na dekompozici námi normalizovaného 2D snímku duhovky, na sadu 1D signálů intenzit s největším počtem důležitých lokálních změn duhovky. 1D signály intenzit se extrahují pomocí:

$$s_k(i) = U(k, \text{step}, i), \quad k = 1, 2, \dots, N; \\ i = 1, 2, \dots, L; \quad (21)$$

kde $s_k(i)$ je k -tý 1D signál z celkového počtu N signálů, U značí normalizovaný snímek duhovky o velikosti $K \times L$, což v našem případě je $K=61$ a $L=721$. Step je konstantní krok mezi kroky 1D signálů. Hodnota step je odvozena pomocí:

$$\text{step} = \left\lfloor \left(\frac{0,8 K}{10} \right) \right\rfloor; \quad (22)$$

kde hodnota 10, je volena jako minimální počet hledaných extrahovaných 1D signálů a závorky nám značí zaokrouhlení směrem dolů.

[12]

```
region = rows * 0.8; % 80% ze zájmové oblasti
step = floor(region/num_signals); % krok mezi 1D signály
```

Náš případ je extrahování přesně 12-ti 1D signálů z 80-ti % vnitřní části každého normalizovaného snímku duhovky. Takže se vybere pouze 80% oblasti blíže zornice. Ve zbylé oblasti se nejčastěji vyskytují nežádoucí nepřesnosti, jako jsou řasy, víčka a vlasy. Díky této hodnotě víme, že extrahovaných vzorků bude 12, jelikož z celkové velikosti 61 pixelů odebereme 20%. To znamená, že zbytek vzorku duhovky pro převedení na 1D signál bude probíhat z velikosti 48 pixelů. Krok $\text{step}=4$ je spočtena s předcházejícími vzorci. První signál $s_k(i)$ bude extrahován ze 4 řádku normalizovaného snímku, protože chceme zamezit možný zásah zornice v místě výběru signálu. Těchto 12 $s_k(i)$ signálů odpovídá tedy řádkům 4 až 48 vždy o krok 4. Jednotlivé 1D signály jsou vyznačeny bílými rovnoběžnými úsečkami v normalizovaném snímku na obr. 4-17.



Obr. 4-17: Normalizovaný snímek s vyznačenými 1D signály

Lokální změny získaných 1D signálů intenzit analyzujeme pomocí Gaussian-Hermitových momentů. 1D Gaussian-Hermitův moment signálu $s_k(i)$ je definován pomocí:

$$M_{k,n}(i) = \int_{-\infty}^{\infty} K_n(t) S_k(i+t) dt, \quad n = 1, 2, 3 \dots; \quad (23)$$

$$H_n(t) = (-1)^n \exp(t^2) \frac{d^n \exp(-t^2)}{dt^n}; \quad (24)$$

$$K_n(t) = g(t, \sigma) H_n\left(\frac{t}{\sigma}\right); \quad (25)$$

kde $g(t, \sigma)$ je Gaussova funkce, $H_n(t)$ je n -tá polynomiální Hermitova funkce. Tyto funkce potom tvoří výsledný průběh $K_n(t)$. $M_{k,n}(i)$ definuje korelaci mezi $K_n(t)$ a 1D signálem. Díky tomu že je podobnost mezi korelačním a konvolučním integrálem lze na toto pohlížet jako na konvoluci mezi funkcemi. Funkce $K_n(t)$ tedy může být považována za impulzivní charakteristiku filtru.

Pro získání Gaussian-Hermitových momentů bylo nutno spočítat průběh Gaussovy funkce:

$$g(t, \sigma) = \frac{1}{\sigma^2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}; \quad (26)$$

kde v tomto případě jsou souřadnice $t \in \langle -2, 2 \rangle$ a σ^2 představuje rozptyl. Pro navrženou metodu byla zvolena hodnota $\sigma = 2,5$.

```
g = (1/(sigma*sqrt(2*pi)))*exp(-(xosa.^2)/(2*sigma^2));
xosa = linspace(-2,2,100);
sigma = 2.5;
```

Dalším krokem bude vyjádření polynomiálních Hermitových funkcí $H_n(t)$ pro řád $n \in \langle 0, 5 \rangle$. Jednotlivé funkce vyjádříme pomocí:

$$H_0(t) = 1; \quad (27)$$

$$H_1(t) = 2t; \quad (28)$$

$$H_2(t) = 4t^2 - 2; \quad (29)$$

$$H_3(t) = 8t^3 - 12t; \quad (30)$$

$$H_4(t) = 16t^4 - 48t^2 + 12; \quad (31)$$

$$H_5(t) = 32t^5 - 160t^3 + 120t; \quad (32)$$

Po získání hodnot Gaussových a Hermitových se následně tyto funkce vynásobily. Tím získáme $K_n(t)$, které ve výsledku způsobí, že filtry budou do určité míry potlačovat šum v signálech.

```
K(1,1:length(g)) = H1.*g; % nulový přenos
K(2,1:length(g)) = (H2.*g)/sum(g.*H2); % jednotkový přenos
K(3,1:length(g)) = H3.*g;
K(4,1:length(g)) = (g.*H4)/sum(g.*H4);
K(5,1:length(g)) = H5.*g;
```

Hermitova funkce řádu dva čtyři přenáší stejnosměrnou složku, kdy jejich impulsní charakteristiky byly upraveny, podělením vlastní sumou. Tím jsme zaručili jednotkový přenos stejnosměrné složky.

Pro zvolení nejvhodnější řady Gaussian-Hermitových momentů, vypočteme odhad výkonového spektra extrahovaných 1D signálů, který následně porovnáváme s frekvenčními charakteristikami Gaussian-Hermitových funkcí každého řádu. 1D signály v našem případě zastupují náhodné signály. Výkonové spektra náhodných signálů odhadneme pomocí definice jako je souborová střední hodnota individuálních výkonových spekter konečného počtu realizací:

$$R_{SS}(i) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \frac{1}{L} |S_k(i)|^2; \quad (33)$$

kde M značí počet realizací 1D signálů $S_k(i)$, L je délka jedné realizace $S_k(i)$ a $|S_k(i)|^2$ je kvadrát diskretního spektra $S_k(i)$ -té realizace.

[12], [14]

Ke každému 1D signálu $S_k(i)$ je spočten n vlastních 1D Gaussian-Hermitových momentů $M_{k,n}$. Tato část využívá konvoluční teorém, díky kterému víme, že kruhová konvoluce dvou signálů v určité časové oblasti odpovídá součinu spekter daných signálů ve frekvenční oblasti.

Pomocí diskretní Fourierově transformaci dostaneme spektra 1D signálů a jejich frekvenční charakteristiky jednotlivých funkcí $K_n(t)$, $n \in \{1, 2, 3, 4\}$.

Dalším krokem bude vynásobení spekter člen po členu, neboli uděláme filtraci spektra 1D signálů frekvenční charakteristikou filtrů. Výstupem je signál $M_{k,n}$ v časové oblasti, který získáme pomocí zpětné diskretní Fourierově transformaci. Jednotlivé momenty signálů $M_{k,n}$, představují získané příznaky z celé normalizované duhovky, jsou pospojovány do výsledné 3D matice příznaků m složené ze čtyř 2D matic V1 až V4:

$$V1(N, L) = [M_{1,1}; M_{2,1}; \dots; M_{11,1}; M_{12,1}]; \quad (34)$$

$$V2(N, L) = [M_{1,2}; M_{2,2}; \dots; M_{11,2}; M_{12,2}]; \quad (35)$$

$$V3(N, L) = [M_{1,3}; M_{2,3}; \dots; M_{11,3}; M_{12,3}]; \quad (36)$$

$$V4(N, L) = [M_{1,4}; M_{2,4}; \dots; M_{11,4}; M_{12,4}]; \quad (37)$$

$$m(N, L, n) = [V1; V2; V3; V4]; \quad (38)$$

kde $N=12$ znázorňuje počet 1D signálů, $L=721$ je délka jednoho Gaussian-Hermitova momentu a $n=4$ což značí počet použitých řádů Hermitovy funkce. $M_{1,1}$ představuje Gaussian-Hermitův moment prvního řádu prvního 1D signálu. V našem případě má výsledná 3D matice příznaků z celé duhovky $12 \times 721 \times 4$ hodnot.

V tomto kroku se nám tento vzorek také ukládá – tím můžeme vytvořenou 3D matici uložit do databáze pod názvem testované osoby. Ukládání probíhá pomocí funkce *save a* ukládá se přímo do složky. Pokud nechceme uložit vzorek – aplikace proběhne beze změn a při novém spuštění bude neuložený vzorek přepsán.

[12], [14], [15]

4.6 Vyhodnocení získané duhovky s databází

Vyhodnocení získaných vzorků následně probíhá s databází. Námi získané vzorky se postupně srovnávají s celou databází uložených vzorků. Každý uložený vzorek má svůj název, který je přiřazen při ukládání určité osoby. Tím poznáme čím je daný vzorek. Pro srovnání je možné využít několika metod.

4.6.1 Hammingova vzdálenost

Tato metoda se používá pro porovnání dvou vzorků v binárním formátu. Tato metrika hledá vzdálenost vzorků dvou dat, pořízených a z databáze. Platí, že čím nižší výsledek srovnání je, tím vyšší je shoda vzorků. Při výsledku 0 je 100% shoda. Výpočet je následovný:

$$d_H = \sum_{i=1}^l \frac{|v_i - k_i|}{l}; \quad (39)$$

kde v_i představuje i-tou hodnotu z vektoru pořízeného vzorku a k_i představuje i-tou hodnotu z vektoru uloženého vzorku s databáze. Délka vektoru vzorku značí l .

[1], [2], [12]

4.6.2 Metoda kosinového kritériu podobnosti

Další z metod je kosinové kritérium podobnosti. Výpočet této metody je:

$$d_{cos} = 1 - \frac{vk}{|v||k|} = 1 - \left| \frac{\sum_{i=1}^l v_i k_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^l (v_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^l (k_i)^2}} \right|; \quad (40)$$

kde výpočet v absolutní hodnotě značí kosinové kritériu. Toto odečteme od čísla jedna a výsledek 100% shody nám program označí hodnotou $d_{cos} = 0$. Do vzorce je vložena absolutní hodnota z důvodu získání hodnot v $d_{cos} \in <0,1>$.

[1], [2], [12]

4.6.3 Metoda srovnání dvou obrazů

V tomto programu je použito srovnání dvou obrazů – každý pixel nového snímku s každým pixelem ve snímku s databáze. Tím zachováme všechny specifické body snímku, který nemusíme nijak upravovat. Srovnání probíhá pomocí matematického odečítání jednotlivých bodů, které při 100% shodně vyjdou 0. Použití v kódu matlab vypadá následovně:

$$Diff\{i\}=m-Databaze\{i\}.m$$

kde m je snímaná duhovka a $Databaze\{i\}.m$ jsou všechny snímky z databáze.

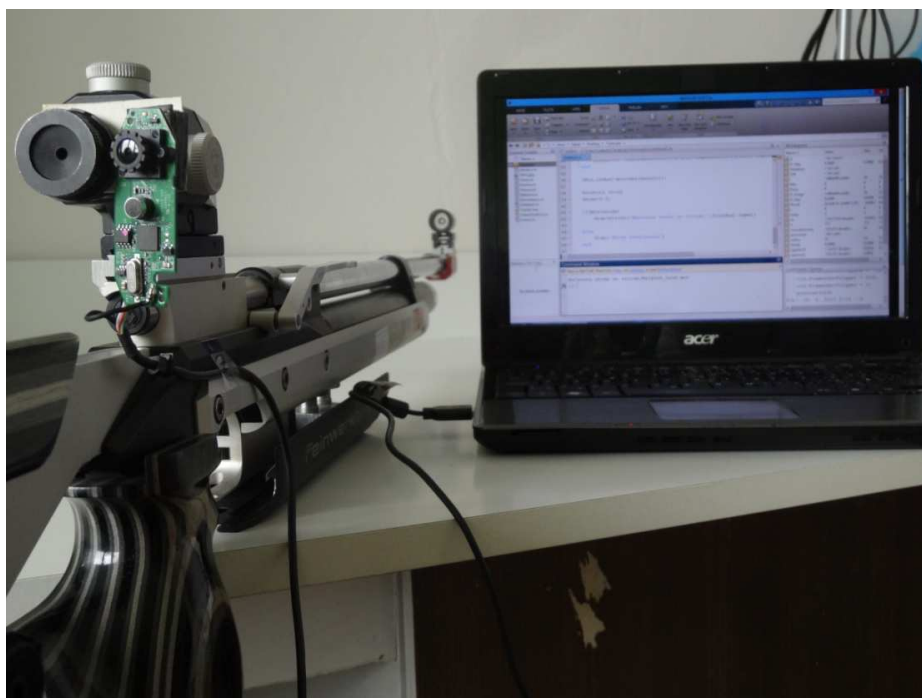
5 Průběh a vyhodnocení systému

Průběh metody závisí na volbě kamery, musíme počítat i s plnou spoluprací snímaného, zvolit kvalitní hardware a splnit minimální požadavky na okolní prostředí. Pokud splníme všechny požadavky, systém by měl úspěšně lokalizovat duhovku a popřípadě ji také srovnat s databází a vypsat výsledek. Pokud nesplníme všechny podmínky, může nastat problém při lokalizaci duhovky nebo srovnání.

Volbou správné kamery, docílíme kvalitního obrazu s dostatečným rozlišením. Kamera by měla mít minimální rozlišení 640x480 pixelů, které stačí k dobrému obrazu pro další kroky. Také by měla mít ohniskovou vzdálenost kolem 100mm aby bylo snímání kvalitní. Tím docílíme, že v obraze bude více jak 75% oka, zbytek bude víčko a okolní část. Program by měl být schopen pracovat i s 50% obrazu oka, ale je už riziko špatného nalezení duhovky. Oko by mělo být nasvíceno led diodou, popřípadě by měla být místnost dostatečně osvětlena. Pokud bude snímek tmavý, opět program nedokáže duhovku identifikovat. Tomuto může také pomoci kamera s větší citlivostí na světlo.

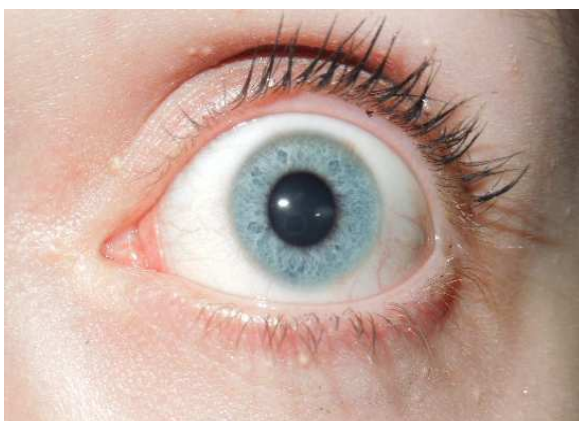
Mnou testovaná kamera byla web kamera CANYON CNR-WCAM413, která splňovala minimální požadavky na kameru, a také se dal upravovat zoom. Snímání poté probíhalo ve vzdálenosti 100mm v dobře osvětlené místnosti.

Snímání, které probíhalo přímo na zbrani, bylo pomocí kamery Logitech HD Webcam C270. Ta byla rozebrána, aby se dala připojit ke zbrani, a následně snímat. Snímání poté probíhalo přiložením oka k mřížce a spuštěním systému. Tím se spustí kamera, která vytvoří snímek a posléze se porovná s databází. Upevnění kamery na zbraň vidíme na obr. 5-1.



Obr. 5-1: Kamera připevněná na zbraň

Při snímání se vyžaduje plné spolupráce s uživatelem. Ten musí přiložit oko do vzdálenosti přibližně 100mm od kamery. Po dobu expozice nesmí uživatel okem pohnout a mrknout. Tato doba je přibližně 3 sekundy. Při snímání musí na snímku být celé oko, nesmí nic zasahovat do snímku, jako jsou vlasy, sluneční brýle řasy. Správný snímek vidíme na obr. 5-2. Postup v programu může ovlivnit také příliš černé řasy nebo obočí, které zasahuje do snímku, které můžeme pozorovat na obr. 5-3.



Obr. 5-2: Správný snímek



Obr. 5-3: Chybný snímek

Pokud splníme tyto požadavky, program vyhledá duhovku a vytvoří vzorek do složky. Tento vzorek můžeme uložit do databáze pod názvem uživatele. Tím se vytvoří vzorek databáze a následně může být dotyčný identifikován. Tento vzorek se ukládá pod názvem Vzorek.mat. Pokud nechceme ukládat vzorek, tohoto kroku si nevšímáme a při dalším procesu se tento vzorek přemaže za nový. Tím zůstává uloženo kdo, jako poslední tento program využíval.

Ve složce Databaze jsou tedy uloženy vzorky duhovky, které jsou popsány jménem osoby a jestli se jedná o levé nebo o pravé oko. Tento systém je navržen pro použití malého počtu lidí, proto je také rychlejší pro malé databáze. Ovšem pokud máme v systému jenom jeden vzorek duhovky dotyčného, může nastat chyba při špatném úhlu nebo zastínění. Proto je lepší mít v databázi alespoň 2-3 vzorky jedné osoby. Rychlost systému to neovlivní, avšak navýší úspěšnost identifikace. Proto doporučuji alespoň 2 snímky jedné osoby mít uložené v databázi. Také by snímání a snímky s databáze měly být pořízeny stejnou kamerou. Doporučení je mít pro celý průběh testování jednu kameru – může ovlivnit snímky.

Výsledkem tedy bude vypsán v Command Window, buď shoda a jméno uživatele, nebo shoda nenalezena. Tímto poznáme, o jakou osobu jde a povolí se jí přístup.

Po vytvoření šablon v databázi, bude následovat spuštění systému tlačítkem F9. Tím se spustí program, při kterém se načte zvolená kamera, která udělá barevný snímek. Tento snímek upravíme v programu do odstínu šedi. Tak nám vznikne šedotónový snímek, který postupuje dále v programu.

Dalším krokem bude nalezení duhovky pomocí Houghovy transformace, která vyhledá hranice mezi duhovkou a zornicí. V tomto kroku nastane histogram výřezu a s prahového snímku se nalezne námi hledaná hranice. Tím dostaneme snímek, který bude mít vyznačenou hranici. Od této hranice při výřezu duhovky odpočteme 40 pixelů, což nám značí tloušťku

duhovky. Zvolená hranice 40 pixelů byla na základě testů, kdy více než 90% duhovek tato hranice stačila.

Pro správné porovnání musíme duhovku převést z kartézských souřadnic do polárních. Toho docílíme pomocí vzorců pro převod, kde nastavíme krok. Krok v našem případě je nastaven pro šířku i výšku. Pro výšku je voleno 0.65 a šířku je volen krok 0.5. Tím docílíme jemného převodu bez chyb v obraze. Výsledný obraz bude mít po přepočtu rozměr obdélníku o velikosti 61x721 pixelů. Tento tvar pokračuje do dalšího kroku.

Díky technice již můžeme snímek, který není dostatečně ostrý doladit sami. To uděláme v kroku normalizace, kde vytvořenému snímku zvýšíme kontrast pomocí sčítání rozostřeného a původního snímku. Výsledkem bude vysokofrekvenční snímek se zvýšeným kontrastem. Tento snímek se převede do podoby 3D matice o velikosti 12x721x4 pixely. Tento snímek je připraven pro srovnání s databází.

Srovnání proběhne pomocí odečtení našeho pořízeného snímku a snímku uložených v databázi. Celkový výsledek bude tedy co nejmenší číslo u srovnání. Pokud bude srovnání menší než 0.5, bude snímek uznaný a vypíše se Shoda a jméno uživatele. Pokud bude větší než 0.5, nebude snímek uznat a vypíše se Nenalezena shoda. Tímto řešením zamezíme nepovolaným vstup do systému.

Testování jsem prováděl na 20 lidech, které jsem požádal o plnou spolupráci. Z těchto 20 jsem nejprve jejich pravé oko uložil do databáze a levé jsem neukládal. Tímto jsem otestoval správné přijetí a správně odmítnutí. Z těchto testovaných vzorků jsem získal představu o funkčnosti programu. Dalším testem byla nespolečná práce, kde jsem dostal minimální odezvu systému – neidentifikování. Snímky byli rozostřené, nastávaly situace, kdy dotyčný mrkl, nebo chyběla část oka. Tyto snímky poté byli nepoužitelné. Celkem jsem měl tedy k dispozici 40 duhovek, které jsem testoval.

Testování 40 vzorků proběhlo v ideálních podmínkách – nasvícené oko, dívání se přímo do objektivu a spolupráce. Ze 40 vzorků se úspěšně identifikovalo 36. Poslední čtyři vzorky nebyly identifikovány s důvodu neotevření víček – malá část viditelného oka, která nestačí pro detekci.

Následné srovnání s databází bylo po uložení vzorků úspěšné, avšak nastaly situace, kdy systém vyhodnotil dva stejné snímky za rozdílné. Tato chyba ale není závažná, mohla nastat špatným úhlem nebo nasvícením.

5.1 Vyhodnocení

Celý model je plně funkční jak pro snímání oka pomocí kamery, tak pro snímky pořízené fotoaparátem. Obě varianty získají potřebný snímek pro následnou detekci. Snímky s databáze, se dají upravovat a nahrazovat. Všechno potřebné je popsáno přímo v Matlab kódu který je rozložen do 7 částí, kde každá vykonává svou funkci. Přepnutí mezi kamerou a snímkem s fotoaparátu se děje v první části. Testování probíhalo na notebooku značky HP s operačním systémem Windows 8, který je 32bitový. Procesor běží na 2 jádrech Intelu o výkonu 2,1GHz.

Tento systém dostačoval požadavkům Matlabu. Model je umístěn na zbrani vedle mířidla, pootočen tak aby snímal oko při míření. Tento model je třeba dodělat, a spojit s vnitřní částí zbraně. Model je připojen na notebook kde jsme zjišťovaly funkčnost celého programu. Celý funkční model je znázorněn na obr. 5-4.



Obr. 5-4: Funkční model zařízení pro biometrickou identifikaci

5.1.1 Výhody algoritmu

Výhody tohoto programu jsou, že při plné spolupráci je program spolehlivý a dokáže lokalizovat duhovku. Také dokáže lokalizovat duhovku online, nebo z fotky. Identifikace pomocí oční duhovky je nová metoda, která zaručí vysoké bezpečí ochrany. Na tento program lze lehce navázat, díky jejímu přehlednému seskupení a pokračováním by se ještě zlepšila ovladatelnost a použitelnost. Dá se využít kdekoliv, kde je potřeba biometrické ochrany.

5.1.2 Nevýhody algoritmu

Nevýhodou může být plná spolupráce uživatele. Uživatel musí spolupracovat a po dobu snímání být přímo od kamery, nemrkat a pokusit se nehýbat. Každé toto pochybení může vést k rozmazání snímku a následné neidentifikaci.

Dalším problémem může být slabě osvětlená místnost nebo neosvětlená duhovka. Tím nebude duhovka identifikována. Proto je lepší mít oko osvětlené led diodou nebo infračerveným zářením. Tím vyniknou specifické rysy duhovky a identifikace bude úspěšná.

Posledním vážnějším problémem může být nedostatečný hardware u přístroje. Prostředí Matlab potřebuje na svou práci velkou paměť RAM a při nedostatečné velikosti může nastat prodleva mezi vstupem a výstupem.

6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá biometrickou identifikací osob pro střelné zbraně. První část bakalářské práce se zabývá popsáním důležitých pojmů, jako je rozdíl mezi identifikací a verifikací. Následovalo něco z historie metod, dále pak popsání jednotlivých metod jak behaviorálních, tak anatomicko-fyziologických. Také jsme se zaměřili na výhody a nevýhody různých metod identifikace.

Další kapitola se zaměří na jednu vybranou metodu. Vybrali jsme pro tuto bakalářskou práci metodu identifikace pomocí oční duhovky. Tato metoda je jedna z nejbezpečnějších a stále více se rozvíjejících. Pro pochopení tématu jsme popsali oko, kde nás nejvíce bude zajímat duhovka.

Následuje kapitola, ve které rozebíráme funkční kód, a řeší stávající metody. V této části popisujeme postup identifikace osoby. Jako prvním krokem je popsání snímání, kde se soustředíme na správně nastavené parametry snímání. Dále popisujeme snímek, který vstupuje do programu jak z kamery, tak z uložených snímků. Tento snímek postupuje do části, kde se detekuje vnitřní část duhovky. Použitá metoda pro vytvořený program je Houghova transformace. Ostatní metody nevykazovali při testování dobrých výsledků. Dále se z nalezené hranice vnitřní duhovky odebral vzorek o velikosti 40 pixelů. Tím jsem získal mezikruží duhovky.

Dále následuje normalizace obrazu mezikruží. Tímto krokem převedeme mezikruží duhovky na obdélníkový tvar. Zvýšení kontrastu vzorku mezikruží získáme lepší zvýraznění detailů a bodů duhovky.

Extrakcí příznaků duhovky získáme vzorek, který bude obsahovat 80% duhovky. Tím docílíme, že do vzorku nebudou zasahovat víčka a řasy. Posléze tento tvar analyzujeme pomocí Gaussian-Hermitových momentů. Výsledný tvar má konečnou velikost 12x721x4. Tento tvar se ukládá jako vzorek do databáze, se kterou se celý proces srovnává. Srovnání probíhá pomocí srovnání dvou obrazů, kdy se vzorek odečítá od vzorků s databáze. Nejnižší číslo je výsledek celého procesu. Maximální rozdíl pro povolení přístupu je nastaven na hodnotu 0,5.

V poslední části jsme pracovali na připevnění modelu na sportovní zbraň. Po upevnění na zbraň, nalezení správného úhlu pro snímání, následovalo testování. Během testování jsme vyhodnotili, že systém dokáže pracovat jen při ideálních podmínkách, ale stačila některá chyba a test se nezdařil. Ze 40 testovaných se úspěšně identifikovalo 90% duhovek. Zbylých 10% testů, byli chybové, kde se do obrazu dostali víčka, řasy nebo vlasy. Při srovnání hrálo důležitou roli osvětlení. Z tohoto důvodu je třeba námi vytvořenou metodu dále optimalizovat pro zlepšení vyhledávání duhovky a jejich srovnávání s databází. Dále se musí vyřešit upnutí kamery a její implementace do zbraně, kde bychom zablokovali kohoutek zbraně při nepovoleném vstupu. Také by se mělo vyřešit kvalitní osvětlení duhovky při snímání, aby nenastala situace tmavého snímku.

7 Použitá literatura

- [1] RAK, R., MATYÁŠ, V., ŘÍHA, Z. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. 1. Vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 664s. ISBN 978-80-247-2365-5
- [2] DRAHANSKÝ, M., ORSÁG, F. *Biometrie*. 1. Vyd. Brno: Computer Press a. s., 2011. 294s. ISBN 978-80-254-8979-6
- [3] NÚDZIKOVÁ, Pavlína, Zdeněk SLANINA, David VALA a Petr DRÁBEK. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *ELEKTROMOBILITA I: IDENTIFIKACE UŽIVATELE učební text*. 2014. vyd. Ostrava, 2014, 179 s.
- [4] ŠEDO VÁ, J., FOREJTO VÁ, M., FOREJT, J. *Lidské tělo*. 4. Vyd. Praha: Slovart, 1999. 65s. ISBN 80-7209-185-9.
- [5] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie* 1. 3., upr. a dopl. vyd. Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Grada, 2011, 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.
- [6] Jak vidíme: Anatomie oka. [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.zeleny-zakal.cz/jak-vidime>
- [7] Průběh skenování: Sítnice. [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://zena.centrum.cz/zdravi/novinky/fotogalerie/foto/527558/?cid=768018>
- [8] *Diabetická retinopatie a ostatní oční komplikace diabetu* [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/diabeticka-retinopatie-a-ostatni-ocni-komplikace-diabetu-459227>
- [9] MASEK, L. - KOVESI, P. *MATLAB Source Code for a Biometric Identification System Based on Iris Patterns*. The School of Computer Science and Software Engineering, The University of Western ustralia. 2003. [vid. 2015-01-03]. Dostupný z: <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/studentprojects/libor/sourcecode.html>
- [10] DOŇAR, K., ZAPLATÍLEK, K. *MATLAB tvorba uživatelských aplikací*. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004. 215s. ISBN 80-7300-133-0.
- [11] TOBIÁŠOVÁ, Nela. *Biometrie s využitím snímků duhovky*. Brno, 2014. ISBN TOBIÁŠOVÁ, N. *Biometrie s využitím snímků duhovky*. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce doc. Ing. Radim Kolář, Ph.D.
- [12] MA, L., a další. 2004. *Local intensity variation analysis for iris recognition*. Pattern recognition [online]. vol. 37, pp. 1287–1298. ISSN 00313203.
- [13] LOY, G. - ZELINSKY, A. 2003. *Fast radial symmetry for detecting points of interest*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence [online]. 8., vol. 25, no. 8, pp. 959–973 [cit. 2014-08-10]. ISSN 0162-8828.

- [14] WU, Y., a další. 2008. *Discrete Gaussian-Hermite Moments and its Applications*. In: 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing [online]. B.m.: IEEE, p. 1–4 [cit. 2014-09-25]. ISBN 978-1-4244-2107-7.
- [15] JAN, J. *Číslicové zpracování a analýza signálů - stručné skriptum*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2010. ISBN 978-80-214-4018-0.
- [16] PECINOVSKÝ, Josef. *Word 2007*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 8024719584.
- [17] AURELIO CAMPILHO, Mohamed Kamel. *Image analysis and recognition 7th international conference, ICIAR 2010, Povia de Varzim, Portugal, June 21-23, 2010 ; proceedings*. Berlin: Springer, 2010. ISBN 978-364-2137-754. Dostupné z: <http://wavelab.at/papers/Rathgeb10c.pdf>
- [18] DUDA, R.O. - HART,P.E. *Use of the Hough Transformation to detect Lines and Curves in Pixtures*. 1972, Graphics and Image Processing, Vol.15, pp.1-15. [cit. 2015-02-25].

8 Seznam příloh

I. CD

I.I Matlab kód

I.II Snímky duhovek

I.III Vzorky v databázi